

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа ядерных технологий
Направление подготовки 03.03.02 «Физика»
Отделение школы (НОЦ) Отделение экспериментальной физики

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Влияние способа обработки поверхности на сорбцию водорода титановым сплавом BT1-0

УДК 669.295.621.793.544.723

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б41	Лю Цзиньфэй		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Кудияров Виктор Николаевич			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Черепанова Наталья Владимировна	к.филос.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ларионова Екатерина Владимировна	к.х.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ОЭФ	Лидер А.М.	д.т.н.		

Томск – 2018 г.

Запланированные результаты обучения по программе

Код результата	Результат обучения (выпускник способен)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Общекультурные компетенции</i>		
P1	Использовать основные этапы и закономерности исторического развития общества, основы философских, экономических, правовых знаний для формирования мировоззренческой, гражданской позиций и использования в различных сферах жизнедеятельности	Требования ФГОС3+ (ОК-1, ОК-2, ОК-3, ОК-4)
P2	К самоорганизации и самообразованию, работать в коллективе, к коммуникации в устной и письменной формах, в том числе на иностранном языке, толерантно воспринимать социальные, этические и культурные различия, использовать методы и средства физической культуры, приёмы первой помощи и методы защиты в условиях ЧС.	Требования ФГОС3+ (ОК-5, ОК-6, ОК-7, ОК-8, ОК-9)
<i>Общепрофессиональные компетенции</i>		
P3	Использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, современные концепции и ограничения естественных наук, использовать фундаментальные знания разделов общей и теоретической физики, математики для создания моделей и решения типовых профессиональных задач, в том числе с использованием знаний профессионального иностранного языка.	Требования ФГОС3+ (ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3, ОПК-7)
P4	Понимать сущность и значение информации, соблюдать основные требования информационной безопасности, использовать методы, способы, средства получения и хранения информации, решать стандартные задачи на основе информационной и библиографической культуры.	Требования ФГОС3+ (ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6)
P5	Получить организационно-управленческие навыки при работе в научных группах, критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости профиль своей профессиональной деятельности, нести ответственность	Требования ФГОС3+ (ОПК-8, ОПК-9)

	за последствия своей инженерной деятельности.	
<i>Профессиональные компетенции</i>		
Р6	<u>Научно-исследовательская деятельность</u> Проводить научные теоретические и экспериментальные исследования в областях: материаловедения, атомной и ядерной физики, водородной энергетики, физики плазмы с помощью современной приборной базы с использованием специализированных знаний физики и освоенных профильных дисциплин.	Требования ФГОСЗ+ (ПК-1, ПК-2)
Р7	<u>Научно-инновационная деятельность</u> Применять на практике профессиональные знания теории и методов физических исследований, а также профессиональные знания и умения в результате освоения профильных дисциплин для проведения физических исследований в инновационных областях науки, используя современные методы обработки, анализа и синтеза информации.	Требования ФГОСЗ+ (ПК-3, ПК-4, ПК-5)
Р8	<u>Организационно-управленческая</u> Использовать на практике теоретические основы организации и планирования физических исследований, участвовать в подготовке и составлении научной документации по установленной форме, понимать и применять на практике методы управления в сфере природопользования	Требования ФГОСЗ+ (ПК-6, ПК-7, ПК-8)
Р9	<u>Педагогически-просветительская</u> Проектировать, организовывать, анализировать педагогическую деятельность, владеть последовательностью изложения материала с использованием междисциплинарных связей физики с другими дисциплинами, участвовать в информационно-образовательных мероприятиях по пропаганде и распространению научных знаний	Требования ФГОСЗ+ (ПК-9)

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа ядерных технологий
Направление подготовки 03.03.02 «Физика»
Отделение школы (НОЦ) Отделение экспериментальной физики

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ОЭФ

(Подпись) (Дата) Лидер А.М.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
150Б41	Лю Цзиньфей

Тема работы:

Влияние способа обработки поверхности на сорбцию водорода титановым сплавом BT1-0
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</p>	<p>Титановый сплав BT1-0 до и после обработки водородом, автоматизированный комплекс Gas Reaction Controller LPB</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Обзор литературных источников; – Подготовка образцов; – Исследование взаимодействия водорода с титаном; – Способы наводороживания сплавов из титана – Анализ полученных результатов; – Заключение.

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Ларионова Екатерина Владимировна
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Черепанова Наталья Владимировна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Кудияров Виктор Николаевич			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б41	Лю Цзиньфей		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа 150Б41		ФИО Лю Цзиньфей	
	Инженерная школа ядерных технологий		Отделение экспериментальной физики
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Физика
Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:			
1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>		Определение стоимости ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых информационных и человеческих(137494,22руб)	
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>		Знакомство и отбор норм и нормативов расходования ресурсов	
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>		Районный коэффициент 30%, Отчисления во внебюджетные фонды - 27,1%	
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:			
1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>		Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>		Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет.	
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>		Определение ресурсной, финансовой, экономической составляющей	
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):			
1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i>			
2. <i>Альтернативы проведения НИ</i>			
3. <i>График проведения и бюджет НИ</i>			
4. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</i>			
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику			

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Черепанова Наталья Владимировна	к.филос.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б41	Лю Цзиньфей		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
150Б41	Лю Цзиньфей

	Инженерная школа ядерных технологий		Отделение экспериментальной физики
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Физика

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>1. <i>Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) – опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) – негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) – чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера) 	<p>1. При работе на комплексе Gas Reaction Controller LP на работников возможно воздействие следующих вредных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Микроклимат; - Компьютер; - Опасность поражения электрическим током; - Воздействие высокой температуры; - Эксплуатация газовых баллонов (аргон), работающих под давлением. <p>2. При неисправности в работе комплекса Gas Reaction Controller LP возможна утечка газа, возгорание.</p>
<p>2. <i>Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме</i></p>	<p>По данной теме рассматриваются законодательный и нормативные документы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - инструкция № 2-25 по охране труда при выполнении работ на установке Gas Reaction Controller; - инструкция № 2-14 по охране труда при работе с электрооборудованием напряжением до 1000 В; - инструкция № 2-07 по охране труда при работе с

	<p>баллонами, работающими под давлением.</p> <p>Документы по воздействию ПЭВМ:</p> <ul style="list-style-type: none"> - инструкция № 2-08 по охране труда при работе с ПЭВМ и ВДТ; - СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организация работы; - ГОСТ Р 50948-01. Средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования безопасности; - ГОСТ Р 50949-01. Средства отображения информации индивидуального пользования. Методы измерений и оценки эргономических параметров и параметров безопасности; - ГОСТ Р 50923-96. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения. <p>Микроклимат:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ГОСТ 30494-96 Здания жилые и общественные помещения. Параметры микроклимата в помещении; - ГОСТ 12.1.005 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны; <p>СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм 	<p>1. Характеристика факторов изучаемой производственной среды, описывающих процесс взаимодействия человека с окружающей производственной средой:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Воздействие электрического

<p>человека;</p> <ul style="list-style-type: none"> – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства) 	<p>напряжения на организм человека;</p> <ul style="list-style-type: none"> – Воздействие высокой температуры на организм человека; – Воздействие химических веществ на дыхательные пути и организм человека в целом; – Утечка газа из баллона; – Микроклимат.
<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения) 	<p>2. Анализ опасных факторов проектируемой производственной среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> – электробезопасность (непосредственное питание установки от сети постоянного тока 220 В; средства защиты, предусмотренные конструкцией установки, соблюдение правил и инструкций по электробезопасности при работе); – термическая опасность (печь нагрева образцов; защита специальной конструкцией установки, изолирующие слои, соблюдение правил безопасности и эксплуатации установки); – пожаровзрывобезопасность (баллоны с газом; соблюдение правил безопасности и эксплуатации установки).
<p>3. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<p>3. Факторы рабочего места, влияющие на окружающую среду:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Выброс в атмосферу рабочего газа; – Выброс в атмосферу химических веществ;
<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий 	<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Утечка газа из баллона; – Возникновение возгорания; – Поражение оператора установки электрическим током; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.

<p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны 	5. Правовые вопросы обеспечения безопасности
Перечень графического материала:	
<p>При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)</p>	<p>1.Схема расположения оборудования; 2. План размещения светильников на потолке рабочего помещения.</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ларионова Екатерина Владимировна	К.Х.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
150Б41	Лю Цзиньфей		

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа ядерных технологий

Уровень образования бакалавриат

Направление подготовки 03.03.02 «Физика»

Отделение школы (НОЦ) Отделение экспериментальной физики

Период выполнения _____

Форма представления работы:

бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.03.2017	Аналитический обзор литературы	15
01.09.2017	Подготовка образцов титанового сплава BT1-0 с различным состоянием поверхности	15
30.12.2017	Исследование взаимодействия водорода с титановым сплавом BT1-0 с различным состоянием поверхности	20
30.04.2018	Анализ результатов	15
25.05.2018	Социальная ответственность	15
25.05.2018	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
25.05.2018	Заключение	5

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОЭФ ИЯТШ ТПУ	Кудияров В.Н.			

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ОЭФ	Лидер А.М.	д.т.н.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 93 страницы, 9 рисунков, 3 таблицы, 61 литературный источник, 0 приложений.

Ключевые слова: титановый сплав, взаимодействие водорода с титаном, наводороживание.

Объектом исследований являлся титановый сплав BT1-0 с различным состоянием поверхности. С помощью автоматизированного комплекса Gas Reaction Controller LP было определено влияние состояния поверхности на взаимодействие водорода с титановым сплавом. Из полученных значений сравнивается влияние воздействия водорода на титановый сплав.

Целью работы является изучение влияния способа обработки поверхности титанового сплава BT1-0 на скорость сорбции водорода.

В первой главе представлен теоретический обзор описания взаимодействия водорода с титаном. Далее приведены способы наводороживания сплавов из титана и способы удаления водорода из титановых сплавов.

Во второй главе описаны метод газофазного гидрирования и принцип работы автоматизированного комплекса Gas Reaction Controller.

В третьей главе описано исследование влияния воздействия водорода на титановый сплав.

Область применения: результаты работы могут помочь нам получить порошки титанового сплавов для 3D печати.

Оглавление	
РЕФЕРАТ	13
Введение	16
ГЛАВА 1. Литературный обзор	18
1.1 Методы получения металлических порошков для аддитивных технологий	18
1.2 Проникновение водорода в металлы	19
1.3 Взаимодействие водорода с титаном	20
1.4 Способы наводороживания сплавов из титана	22
1.5 Влияние очистки поверхности и нанесение никели на взаимодействие водорода с титаном	24
1.6 Способы удаления водорода из титановых сплавов	24
ГЛАВА 2. Материалы и методы исследования	26
2.1. Исследование материалов	26
2.2. Основные принципы обратимого газофазного гидрирования	26
2.3. Метод насыщения водородом	27
2.4. Принцип работы автоматизированного комплекса Gas Reaction Controllerr	28
ГЛАВА 3 Анализы данных и изображений экспериментальных результатов	32
3.1 Анализ схемы соединения водорода – время	32
3.2 Исследование влияния воздействия водорода на титановый сплав	35
3.3 Изучение микроскопических изображений при разном увеличении	39
3.4 Алнализ результатов рентгенографического исследования образцов Ti	45
ГЛАВА 4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	53
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	53
4.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования	53
4.1.2. Анализ конкурентных технических решений	54
4.1.3 Определение трудоемкости работ	57
4.1.4 Технология QuaD	59
4.2. Планирование научно-исследовательских работ	61
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	61
4.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	62
4.3.1 Расчет материальных затрат НТИ	62
4.3.2 Затраты на оборудование	63
4.3.3 Расчет основной и дополнительной заработной платы	64
4.3.4 Расчет затрат на научные и производственные командировки	66
4.3.5 Контрагентные расходы	67
4.3.6 Накладные расходы	67
4.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	68

4.4	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	69
	СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	71
	Введение	71
5.1.	Производственная безопасность.....	72
5.1.1	Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования.	72
5.1.2.	Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований.	74
5.1.3.	Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов.	76
5.2	Экологическая безопасность.	79
5.2.1	Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду	79
5.3.	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	79
5.3.1.	Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований.	79
5.3.2	Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований.	81
5.3.3.	Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.	81
5.4.	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	83
5.4.1.	Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства.	83
5.4.2.	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя.	84
	Вывод.....	86
	Список использованных источников.....	87

Введение

Методы 3D печати являются очень ценными методами в науке и технике. 3D-принтер – это устройство, использующее метод послойного создания физического объекта по цифровой 3D-модели. Эта технология может быть применена во многих областях. Например, в медицине при протезировании и производстве имплантатов (фрагменты скелета, черепа, костей, хрящевые ткани). Ведутся эксперименты по печати донорских органов. 3D печать может быть использована для строительства зданий и сооружений. Таким образом, исследования в области технологий 3D-печати являются актуальными.

Процесс 3D-печати делится на два этапа: 1) сначала осуществляется нанесение слоев порошка на подложку; 2) затем производят спекание или сплавление порошка различными методами (электронным пучком, лазером). Основой 3D-печати являются оборудование и материал. Современное развитие методов 3D печати позволяет печатать детали практически любой формы из практически любого материала. Но необходимо подготовка специального (порошкообразного) материала для печати. На сегодняшний день рынок металлических порошков для 3D-печати не хватает. И стоимость этих порошков очень дорога. Таким образом, необходимо исследовать и разрабатывать методы для получения порошка для 3D-печати. Есть много способов производства титанового порошка. Например, метод обратимого гидрирования, электролитический способ [1-2], метод распыления [3-5], метод термической обработки металлов [6-8], механическое легирование [9-10]. Целью настоящей работы является изучение метода получения порошков титановых сплавов обратимым гидрированием.

Целью работы является изучение влияния способа обработки поверхности титанового сплава ВТ1-0 на скорость сорбции водорода.

Задачи:

1. Подготовка экспериментальных образцов титанового сплава ВТ1-0 с различными способами обработки поверхности (химическое травление, механическое шлифование, ионная очистка и нанесение слоя никеля);
2. Проведение наводороживания подготовленных образцов из газовой среды;
3. Вычисление скоростей сорбции водорода титаном в зависимости от способа обработки поверхности;
4. Анализ влияния способа обработки поверхности на эффективность сорбции водорода титаном.

ГЛАВА 1. Литературный обзор

1.1 Методы получения металлических порошков для аддитивных технологий

На сегодняшний день предъявляются следующие требования к металлическим порошкам для аддитивных технологий

1. Диаметр $d < 100$ мкм;
2. Сферическая форма частиц;

Для получения таких порошков разработано несколько методов.

1. электролитический способ

Существует несколько электролитических способов, здесь исследует FFC Кембриджский способ. Процесс заключается в электролитическом восстановлении диоксида титана в расплавленном CaCl_2 непосредственно для получения порошка титана. Это твердофазный процесс электролиза TiO_2 , процесс: литье, способ формования для изготовления порошка TiO_2 . После спекания металлический коллектор тока с высокой температурой соединен или обернут в виде катода, графит используется в качестве анода и электризуется в системе расплавленной соли CaCl_2 при 850-950 °C. Во время процесса электролиза кислород в твердотельном катоде TiO_2 ионизируется и выходит из оксида и достигает анода через расплавленную соль CaCl_2 для выделения для образования O_2 (инертного анода) или CO и CO_2 газа (графитовый анод), а на катоде образуется металлический титан [1-2].

2. метод распыления

Метод распыления представляет собой поток жидкого металла или сплава, разбитый на мелкие капельки. Затем охлаждают и затвердевают в окружающей среде для получения металлического порошкового метода [3-5].

3. метод термической обработки металлов

Традиционная подготовка метода термического восстановления титанового порошка металла представляет собой метод термического восстановления кальция TiO_2 . Метод термической редукции кальция TiO_2 представляет собой получение титанового порошка путем восстановления металла TiO_2 кальция при высокой температуре [6-8].

4. механическое легирование

механическое легирование - порошок металла или сплава в высокоэнергетическая шаровая мельница, в течение длительного периода интенсивного воздействия между частицами порошка и шарами столкновение, чтобы частицы порошка неоднократно вызывали холодную сварку, разрушение, что приводило к диффузии между атомами порошка, тем самым получая процесс получения порошкового материала [9-10].

5. метод обратимого гидрирования

Метод обратимого гидрирования представляет собой использование обратимых титана и водорода способов получения титанового порошка. Поглощение водорода титаном, что приводит к хрупкому, а затем механическому дроблению из порошка гидрида титана. Затем при дегидрировании при высокой температуре получают титановый порошок.

Обратимого гидрирования дает широкий диапазон размеров частиц титана, низкая стоимость, низкие требования к сырью. В настоящее время стал основным методом производства порошка титана в стране и за рубежом.

1.2 Проникновение водорода в металлы

Атом водорода имеет наименьший атомный радиус [11], легко проникает в стали, медь и другие металлы. Проникновение атомов водорода затруднено в такие вещества как кадмий, олово, цинк и их сплавы [12]. После проникновения на поверхность водород диффундирует вглубь металла. Накопление водорода в дефектах металлов зачастую является необратимым, т.е. удалить водород в

таком случае можно только полностью расплавив металл [13]. Скорость диффузии водорода при комнатной температуре довольно низкая. Повышение температуры не только повышает скорость диффузии водорода в металлах, но и повышает растворимость водорода, при этом высокая температура приводит к снижению твердости материала.

Водород в металле может вызвать хрупкость [14]. Накопление водорода в металле не сразу приводит к его охрупчиванию и/или разрушению, а требуется некоторое время для диффузии водорода к местам концентрации внутренних напряжений и к дефектам (вакансии, вакансионные комплексы, дислокации). Накопление молекулярного водорода в дефектах приводит к росту давления внутри дефектов и увеличению внутренних напряжений. При превышении силы внутренних напряжений предела текучести материала происходит его разрушение. Поскольку для диффузии водорода требуется некоторое время, то водородное охрупчивание проявляется не сразу.

1.3 Взаимодействие водорода с титаном

Титановые сплавы обладают низким модулем упругости и большим сопротивлением деформации, поэтому обработка титановых сплавов затруднена [15]. В течение долгого времени люди думали что водород будет только отрицательно влиять на титановый сплав [16].

В 1950-е годы Цвиккер и Шлейхер западногерманские исследователи обнаружили, что тепловая деформация слитка из гидрированного титанового сплава может быть улучшена путем горячего прессования. В последние годы разрабатываются новые технологии с использованием гидрированного титанового сплава – технологии обработки титановых сплавов водородом. В

титановом сплаве с водородом сопротивление термической деформации титанового сплава уменьшается, что упрощает обработку титанового сплава [17].

Водород – очень чувствительный химический элемент, он легко вступает в реакцию с металлом [18]. Предыдущие исследования показали, что накопление водорода приводит к проблеме водородного охрупчивания и индуцированного водородом замедленного растрескивания и других повреждений [19]. Таким образом, водород всегда считался вредным элементом в титановом сплаве, характеристики которого крайне неблагоприятны, необходимо строго контролировать содержание водорода в сплаве.

Титан – легкий серебристо-белый металл. Как правило, исходным материалом для производства титана и его соединений служит диоксид титана со сравнительно небольшим количеством примесей [20]. Характер циркония похож с характером титана. На воздухе и титановый и циркониевый порошки способны к самовозгоранию и взрыву. У титана высокая вязкость, поэтому непосредственное получение порошка титана стандартными методами весьма затруднено [21]. Обратимое гидрирование наиболее подходит для получения порошка титана. При определенных условиях титан может поглощать водород. Твёрдость и вязкость продуктов взаимодействия меньше, чем твердость и вязкость титана, что позволяет легко растирать в порошок [22]. Затем водород удаляется при высоких температурах и в вакууме и получается порошок титана.

Накопление водорода в титане кроме выше описанных процессов приводит к формированию гидридов и охрупчиванию вплоть до разрушения по механизму замедленного гидридного растрескивания [23]. Формула гидрида титана TiH_2 . Титан имеет две аллотропные модификации (рисунок 1): при температуре ниже $882,5\text{ }^{\circ}C$ α -Ti с ГПУ решеткой, при температуре выше $882,5\text{ }^{\circ}C$ β -Ti с кубической решеткой. Постоянные решетки для α -Ti

рассчитанные теоретически: $a = 0,29506$ нм, $c = 0,46788$ нм, экспериментально при $20\text{ }^{\circ}\text{C}$: $a = 0,29511$ нм, $c = 0,46843$ нм; для β -Ti при $900\text{ }^{\circ}\text{C}$ эксперимента измеряли постоянные решетки: $a = 0,33065$ нм, постоянная решетки экстраполирована до $20\text{ }^{\circ}\text{C}$: $a = 0,3282$ нм. В α -Ti и β -Ti имеются октаэдрические (O) и тетраэдрические (T) междоузлия.

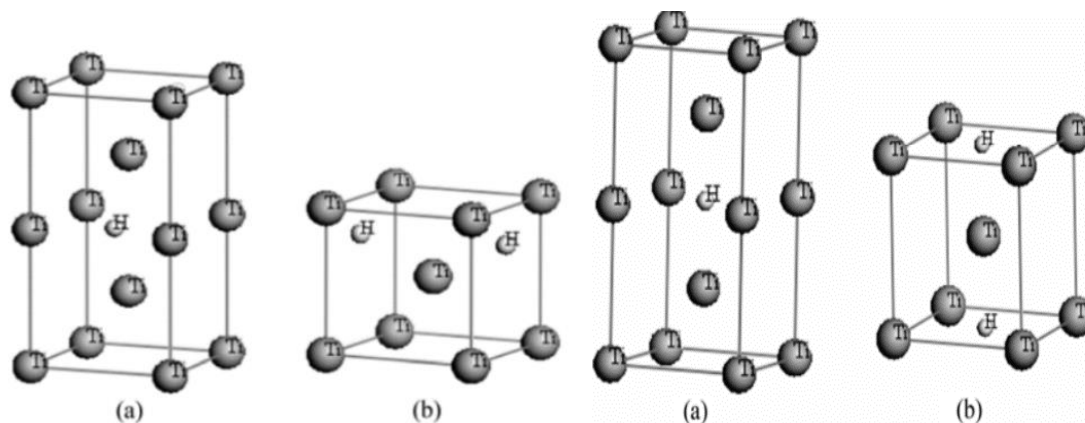


Рисунок 1 – Четыре фазы системы Ti-H а) с мольным отношением α (слево) и β (справа) Ti : H - 4 : 1 ; б) мольным отношением Ti : H - 2 : 1

1.4 Способы наводороживания сплавов из титана

L.C. Covington в работе [24] сформулировал три условия, при которых будет происходить наводороживание титана:

(1) pH раствора должно быть меньше, чем 3 или больше 12, или поверхность металлического листа должна быть повреждена;

(2) температура должна быть выше $80\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ниже $80\text{ }^{\circ}\text{C}$, только на поверхности образуются гидриды. Формирование гидридов на поверхности серьезно не влияет на свойства титана, это происходит редко, но если есть определенные напряжения, то при растяжении это может способствовать диффузии водорода при низких температурах;

(3) должен иметься механизм для производства водорода, который может представлять собой либо наличие разности потенциалов между двумя металлами в водородосодержащей среде, либо наличие царапин на поверхности.

При более низких температурах (например, $< 100\text{ }^{\circ}\text{C}$) в кислой среде, поскольку диффузия водорода идет медленно, только поверхность металлического титана реагирует с водородом [25]. При более высоких температурах (например, $> 200\text{ }^{\circ}\text{C}$) в кислой среде, поскольку диффузия водорода идет быстрее, происходит полное проникновение водорода в титан.

На рисунке 2 показана взаимосвязь между равновесным давлением и температурой поглощения водорода титаном. Видно, что титан является хорошим накопителем водорода.

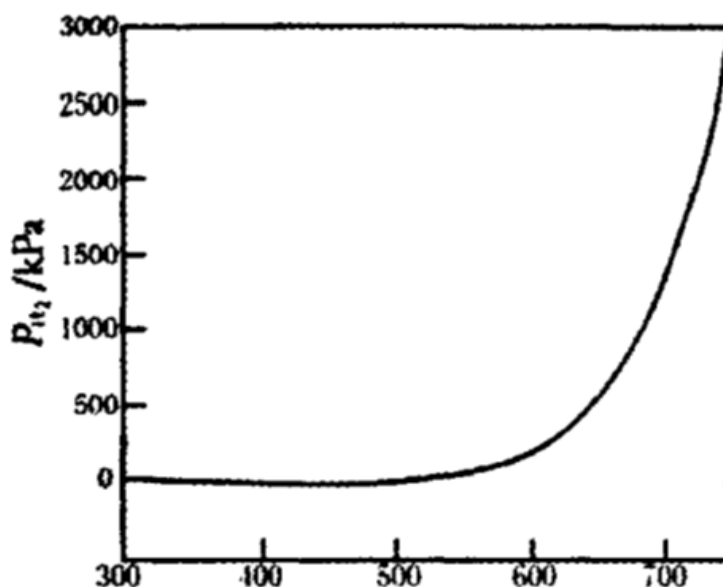


Рисунок 2 – Зависимость между равновесным давлением и температурой поглощения водорода титаном

Таким образом, гидрирование титана при избыточном давлении водорода при температуре более $350\text{ }^{\circ}\text{C}$, приведет к накоплению достаточного количества водорода и образованию гидридов для дальнейшего размалывания в порошок. Далее необходимо удалить водород из полученного порошка.

1.5 Влияние очистки поверхности и нанесение никели на взаимодействие водорода с титаном

Процесс абсорбции водорода в металлы может разделить на 2 этапа. Первый этап, водород и металлические поверхности происходит химическую реакцию. И диссоциированные атомы водорода адсорбируются на поверхности металла. Второй этап, диссоциированные атомы водорода диффундируют внутри металла [26].

Примеси и никель может влиять на первый этап, и потом влиять на взаимодействие водорода с титаном (отравляющее действие). Примеси будет снизить скорость диссоцирования водорода. И никель будет увеличить скорость диссоцирования водорода (катализ).

Тогда до равновесного состояния, содержание водорода в титане зависит от скорости диссоцирования водорода. Скорость выше, содержание водород выше.

1.6 Способы удаления водорода из титановых сплавов

На рисунке 3 показан вид кривой дифференциального термического анализа гидроксида титана. Видно, что температура распада гидроксида составляет 680 °C.

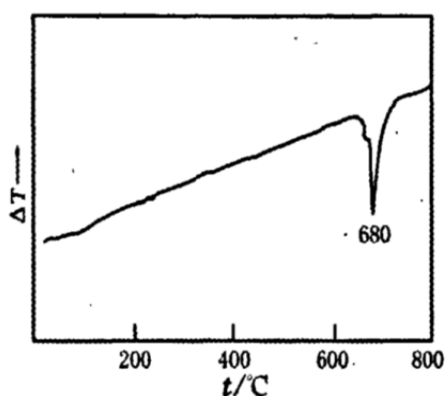


Рисунок 3 – Кривая дифференциального термического анализа гидроксида титана

При температуре 680 °С происходит разложение гидрида титана и выделение водорода. Таким образом, наводороживание титана должно осуществляться при температурах более 350 °С, но менее 680 °С. Отжиг в вакууме полученного порошка должен осуществляться при температуре выше 680 °С. Такой диапазон рабочих температур позволяет использовать данный метод для изготовления порошка титана практически из титана в любом виде (прутки, листы, лом и т.д.).

Чистота полученного порошка будет зависеть от содержания примесей в исходном материале [27]. Для изготовления особо чистого порошка титана необходимо использовать только очень чистый исходный материал.

ГЛАВА 2. Материалы и методы исследования

2.1. Исследование материалов

Титан имеет два изомера, ниже 882,5 ° С Шестиугольная структура (ГЦК) кристаллов α -Ti, между 882,5°C и температурой плавления объемно центрированной кубической структуры (ОЦК) кристалла β -Ti. Водород имеет высокую растворимость в титана и титановых сплавов. Хотя растворимость водорода в α -Ti относительно мала (0.002% ~ 0.007%) при комнатной температуре, растворимость в β -Ti велика (0.4%) [28].

Водород эффективно снижает температуру перехода $\alpha + \beta / \beta$, тем самым соответственно увеличивая количество β -фазы в отожженных и закаленных сплавах. Водород увеличивает стабильность β -фазы и снижает критическую скорость охлаждения (v_{cr0}) мартенситного превращения (Msc, Mf, As, Af) [29-36]. В настоящей работе исследования проводились на титановом сплаве BT1-0.

2.2. Основные принципы обратимого газофазного гидрирования

Согласно свойствам водорода в титане и основному эффекту горячей обработки водородом, Пуин [37-38] предложил пять возможных способов обработки горячим водородом из титанового сплава:

1. ТНТ-1: на основе гидрированного бета-фазового охлаждения и термического разложения при последующем вакуумном отжиге. В зависимости от типа сплава. На докритической скорости, в фазовое разложение может порождать $\beta \rightarrow \alpha + \beta$ или $\beta \rightarrow \alpha + \gamma$ (гидрид), в последующем вакуумном отжиге образуется $\beta \rightarrow \alpha$. ТНТ температура и скорость выбора, должны максимизировать уточнение организации, чтобы избежать водорода в водороде и вакуумном отжиге β рост зерна, поскольку нет изменения фазы тепла, может сделать организацию неровной.

2. ТНТ-2: на основе фиксированного максимального количества метастабильной бета-фазы (охлажденной со скоростью, близкой к 0, для получения мартенситного превращения), а затем выдерживают в атмосфере или в вакууме и, наконец, подвергают вакуумному отжигу. Конечный сплав представляет собой крошечную однородную ткань, и даже однофазный альфа-сплав может производить эту ткань.
3. ТНТ-3: требует разложений β -фаза эвтектики, чтобы повторить (терма циклования) производить большие дефекты решетки, увеличивает неравномерное разложение и структуру рекристаллизации, и максимальное содержание водорода (1%) и минимальную скорость охлаждения.
4. ТНТ-4: на основе повторного мартенситного превращения приводящего к большому количеству дефектов решетки, усиленного неоднородного разложения или перекристаллизации метастабильных фаз.
5. ТНТ-5: на основе повторной конверсии $\beta \rightleftharpoons \alpha$ температура нагрева, скорость нагрева и скорость охлаждения должны быть способны вызывать осаждение мартенсита и новый диффузионный рост фазы осаждения [39-43].

2.3. Метод насыщения водородом

Для вышеупомянутой технологии мы можем понять, что нам нужно сделать водород. Потому что потребность в водороде не очень велика, мы используем электролиз для получения водорода[44].

На рисунке 4 приведена схема – электролитическое насыщение водородом.

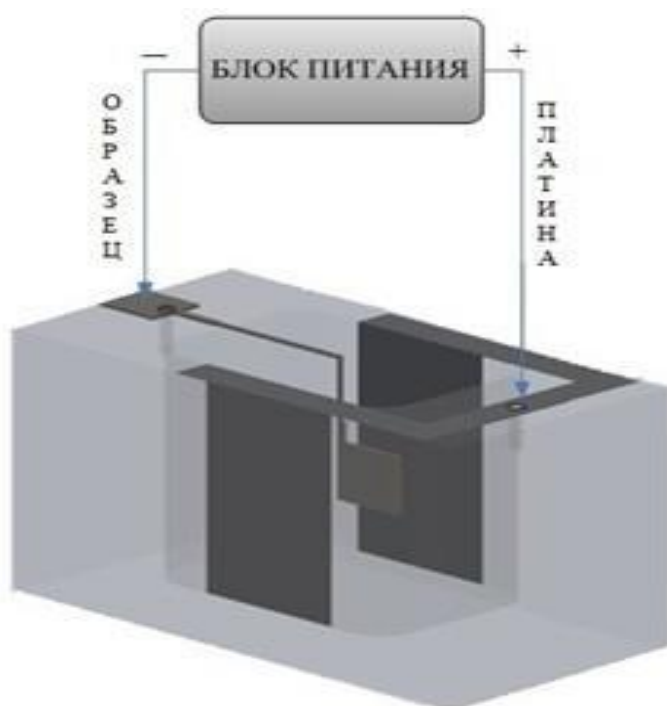


Рисунок 4 –Электролитическое насыщение водородом

Под действием постоянного тока, реакция восстановления H^+ + водород на катоде, реакция окисления в то время как выделение кислорода происходит на аноде, H^+ и катод расположены в катодной камере, анод и OH^- расположены в анодном отделении [45].

2.4. Принцип работы автоматизированного комплекса Gas Reaction Controllerr

Автоматизированный комплекс GRC разработан для определения количества сорбированного газа различными твердыми телами в различных диапазонах температур и давлений. Принцип работы GRC можно понять из рисунка [46].

На рисунке 5 приведен принцип работы автоматизированного комплекса GRC.

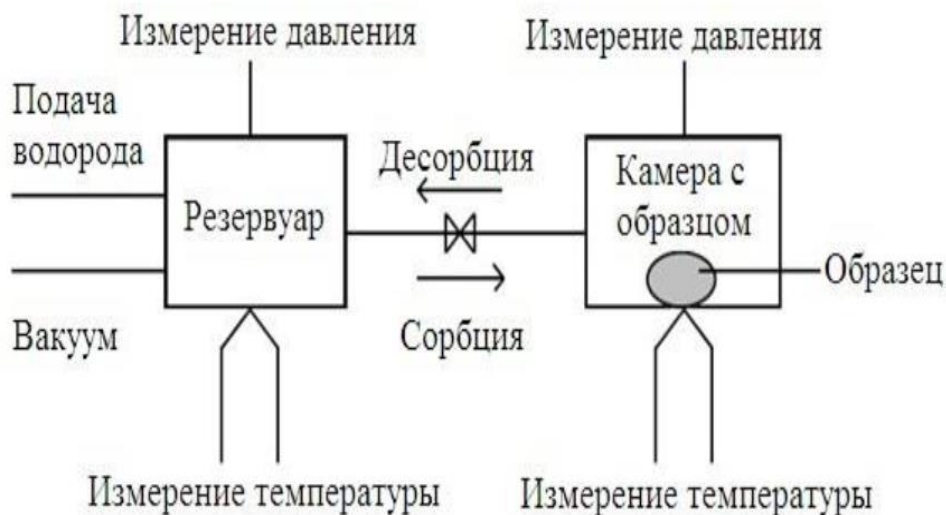


Рисунок 5 – Принцип работы автоматизированного комплекса GRC

Мы можем видеть на схеме, что принцип работы автоматизированного комплекса GRC.

Во-первых, мы должны знать значение некоторых символов:

молярный объем водорода напускается в резервуар- N_0 ;

молярный объем водорода в камере с образцом и в резервуаре- N_g ;

молярный объем водорода поглощенного твердым телом- (N_S) ;

в твердом теле уже содержится некоторый известный молярный объем водорода - NS_0 ;

Мы можем использовать формулу (1) для вычисления N_S . Если в твердом теле уже содержится некоторое известное количество водорода, мы можем использовать формулу (2) для вычисления N_S . Мы можем использовать формулу (3) для вычисления количества водорода в реакционной камере. Таким образом, мы можем рассчитать молекулярную массу газа при любой температуре и давлении с помощью уравнения 5. Количество поглощенного водорода определяется как в абсолютном значении

(см³), так и в относительном (массовые проценты). Абсолютное значение количества поглощенного водорода определяется как молярный объем водорода поглощенного твердым телом (рассчитанный по формуле 1 или 2) умноженный на 22413,6. Относительное значение количества поглощенного в массовых процентах (wt) определяется по формуле 6. Если мы уже знаем, что относительная молекулярная масса образца вычисляется с использованием уравнения 7.

$$N_S = N_O - N_g \quad (1)$$

$$N_S = N_{s0} + N_O - N_g \quad (2)$$

$$\frac{pv}{RT} = 1 + \frac{B(T)}{V} + \frac{C(T)}{V} + \frac{D(T)}{V} \quad (3)$$

$$B(T) = B_0 - \frac{A_0}{RT} - \frac{c}{T^3}; C(T) = -B_0b + \frac{A_0a}{RT} - \frac{B_0c}{T^3}; D(T) = \frac{B_0bc}{T^3}; \quad (4)$$

Для водорода значения констант: $A_0 = 0,1975$, $a = -0,00506$, $B_0 = 0,02096$, $b = -0,04359$, $c = 504$.

$$n = \frac{pv}{RT} \left\{ 1 + \frac{B(T)n}{V} + C(T) \left(\frac{n}{V} \right)^2 + D(T) \left(\frac{n}{V} \right)^3 \right\} \quad (5)$$

$$WT = \frac{N_S * M_G}{(m * 100)} \quad (6)$$

$$X = \frac{2 N_s}{(n/M)} = \frac{2M}{M_G} * WT = WT \frac{MWT}{100.79} \quad (7)$$

Итак, мы знаем принцип работы автоматизированного комплекса Gas Reaction Controlle. Во-первых, мы получаем водород электролизом. Полученный водород хранится в баллоне. Когда испытание было начато, мы позволили водороду в цилиндре войти в реакционную установку, и количество водорода, участвующего в реакции, контролировали путем регулирования давления.

На рисунке 6 приведена схема автоматизированного комплекса Gas Reaction Controller.

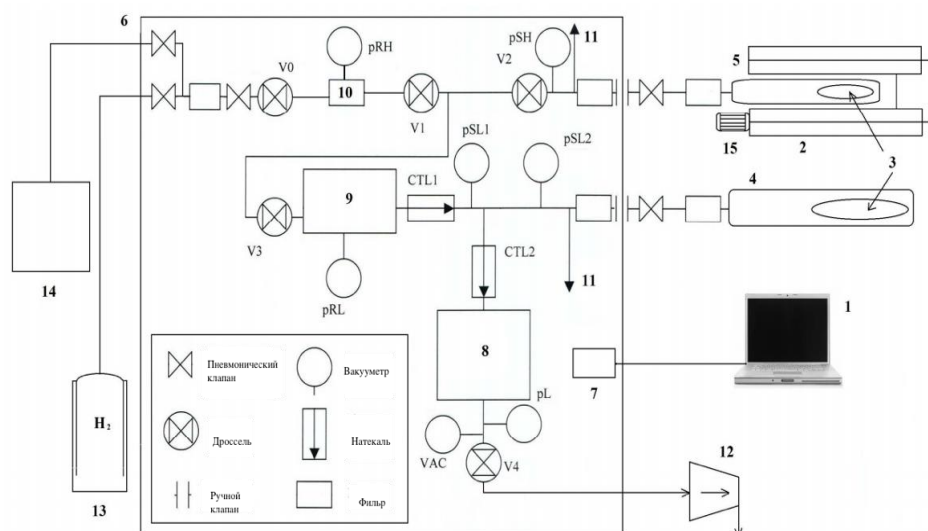


Рисунок 6 –Схема автоматизированного комплекса Gas Reaction Controller:

1 – компьютер; 2 – печь/криостат; 3 – образец; 4 – камера низкого давления; 5 – камера высокого давления; 6 – контроллер; 7 – электронная система управления комплексом; 8 – резервуар; 9 – резервуар низкого давления; 10 – резервуар высокого давления; 11 – система экстренного удаления водорода; 12 – вакуумный пост; 13 – баллон с водородом; 14 – генератор водорода; 15 – система охлаждения

ГЛАВА 3 Анализы данных и изображений экспериментальных результатов

3.1 Анализ схемы соединения водорода – время

На рисунке 7 приведены кривые сорбции водорода титаном после обработки поверхности различными способами.

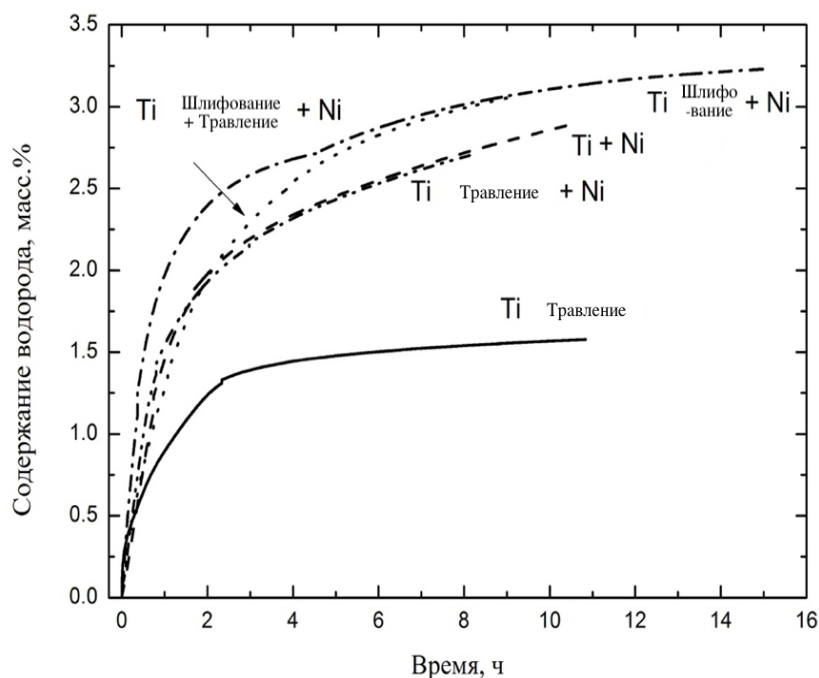


Рисунок 7 – Кривые сорбции водорода титаном после обработки поверхности различными способами

Из рисунка видно, что при разных условиях, материалы поглощают водород с разной скоростью, количество поглощенного водорода также различно. Но изменения скорости абсорбции водорода похожие. После нанесения слоя никеля на титан скорость поглощения водорода и количество абсорбированного водорода значительно увеличились. Мы можем думать, что никель может способствовать поглощению водорода титановым сплавом.

Можно рассчитать скорость сорбции водорода в титановом сплаве по формуле:

$$v = \frac{\Delta c}{\Delta t} \quad (8)$$

c - содержание водорода, t – время, v - скорость соединения водорода в титановым сплавом.

В таблице 1 представлены условия обработок и скорость сорбции водорода титаном.

Таблица 1 Условия обработок и скорость соединения водорода в титановым

Условия обработок	Шлифо вание + Травление + Никель	Шлифо вание + Никель	Трав ление + Никель	Трав ление	Post avka + Никель
Скорост ь соединения водорода (масс% / ч) Сначала	3	15	3	2.5	3
Скорост ь соединения водорода (масс% / ч) Переход ный период	0.25	0.5	0.27	0.20	0.27

Скорост ь соединения водорода (масс% / ч) в конце	0.042	0.042	0.056	0	0 . 056
---	-------	-------	-------	---	------------

Из этой таблицы, мы можем узнать:

Сначала, титан при условий - Шлифование + Никель имеет самая большая скорость соединения водорода.

В переходном периоде, титан при условий - Шлифование + Никель имеет самая большая скорость соединения водорода.

В конце, титаны при разных условиях имеет маленькая скорость соединения водорода.

Поэтому, Шлифование + Никель – это хорошее условие для соединения водорода в титановым.

3.2 Исследование влияния воздействия водорода на титановый сплав

На рисунке 8 приведены результаты микроскопических исследований образцов.

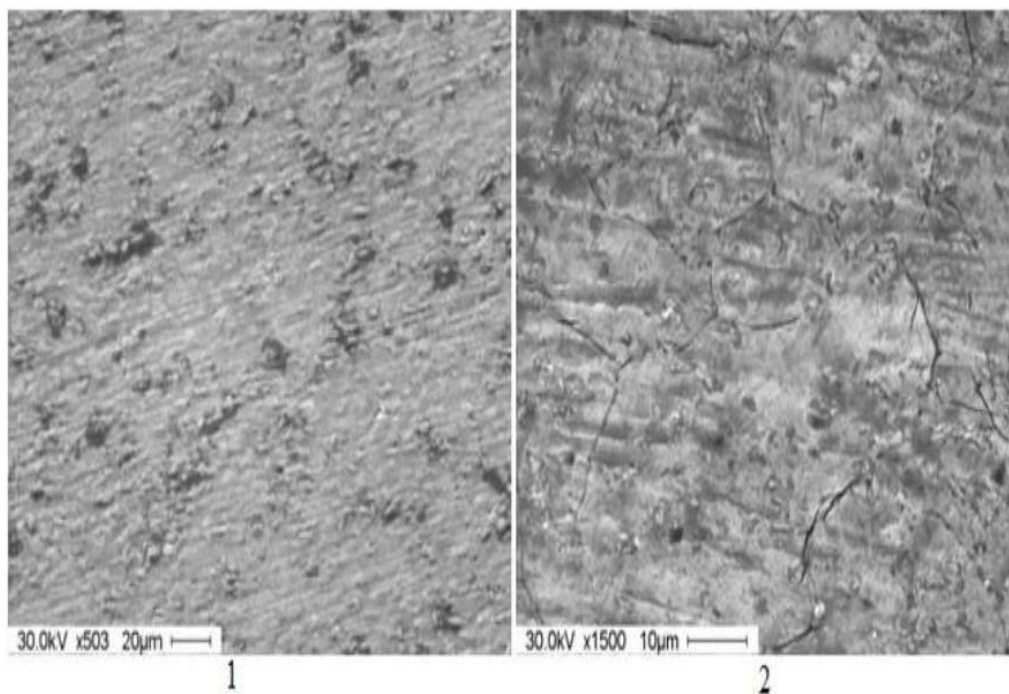


Рисунок 8 – Результаты микроскопических исследований образцов: 1– исходный образец; 2 – после электролитического насыщения

Гидрирование увеличивает объем сплава, но увеличивает трещину в поверхности металла, а металл становится хрупким. Твердость сплава уменьшается.

На рисунке 9 приведена зависимость содержания водорода от температуры насыщения.

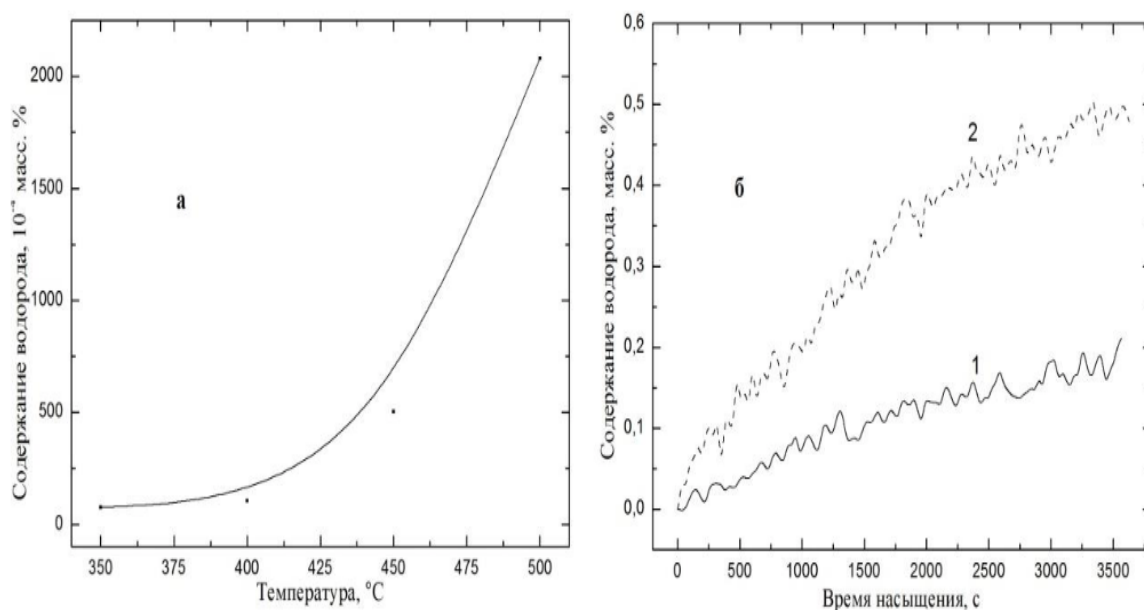


Рисунок 9 –Зависимость содержания водорода от температуры насыщения (а) и кривые сорбции водорода при температурах насыщения 450 °С и 500 °С (б)

При низких температурах (0-500 градусов Цельсия) содержание водорода увеличивается с увеличением температуры. При низких температурах (0-3000 градусов Цельсия) содержание насыщения водорода увеличивается с ростом температуры. При более высоких температурах (более 3000 градусов Цельсия), с увеличением температуры, насыщенное содержание водорода практически не изменяется [46-48].

Литая структура титановых сплавов обычно представляет собой грубые реверсивные или пластинчатые кристаллы. Механические свойства сплава этой организации являются плохими, как правило, ковка, прокатка и другие методы обработки, чтобы сломаться, уточнить организацию, улучшить механические свойства цели. Процесс роста α -фазы в водородсодержащем β -фазовом разложении контролировался процессом гидротермической обработки путем выбора параметров выделения водорода (концентрация водорода, температура, скорость охлаждения) и спецификация температурной скорости

термообработки гидрированного сплава и вакуумный отжиг, или через термический цикл гидрофазного упрочнения, может быть уточнен литой сплав грубой литой структуры. Во время гидродинамического отжига происходит переход $\beta \rightarrow \alpha$ с уменьшением температуры[49-55]. Объемный эффект $\beta \rightarrow \alpha$ -трансформации и низкая интенсивность β -фазы основного легирующего элемента когерентно связаны с фазой зерновой матрицы. Высокая эластичность напряжения приводит к потере сцепления в начале образования альфа Фазы, что ограничивает возможность роста ядер мартенситным механизмом. В этом случае диффузионный рост зерен также затруднен из-за низкой температуры $\beta \rightarrow \alpha$ -конверсии. В водородсодержащей β -фазе без $\beta \rightarrow \alpha$ -трансформации эвтектическое разложение может происходить, когда температура ниже температуры эвтектоидального перехода. Таким образом, разумный выбор концентрации водорода, температуры гидрирования и скорости охлаждения титанового сплава может сделать внутреннее зерно[55-60].

В таблице 2 представлены данные – BT5 и BT20 механические свойства сплава после обработки водородом.

Таблица 2 – Таблица BT5 и BT20 механические свойства сплава после обработки водородом

спла в	Специфика ция обработки	σ_b/MPa	$\sigma_{0.2}/MPa$	$\delta/\%$	$\psi/\%$	$\alpha_k/J \cdot cm^{-2}$
BT5	Начальное состояние	790	730	6.2	1 9.5	55
	После обработки гидрирования	910	870	12. 0	3 1.5	70
BT2	Начальное	950	870	9.2	1	56

0	е состояние				5.5	
	После обработки гидрирования	1050	970	8.8	1 4.2	55
BT6	Начально е состояние	920	830	8.2		44
	НIP+THT	1120	1080	10. 3		28
	THT+HPI	1100	1040	10. 7		50
3 BT2	Начально е состояние	1000	960	7.2	1 5.0	47
	НIP+THT	1190	1120	8.5	1 9.0	56
	THT+HPI	1100	1060	8.9	1 9.6	56

Мы можем использовать процесс горячей обработки водорода для извлечения, используя новый метод чипа из титанового сплава, который включает чип, холодный прессованный на куски, нагретое гидрирование, горячее прессование, обработку горячим водородом и вакуумное дегидрирование. Здесь влияние водорода заключается в следующем: повышение адгезии титана; Для уменьшения напряжения потока; Для защиты титана, чтобы он не окислялся; Водородную обработку для содействия рекристаллизации.

Потому что, после гидрирования твердость сплава уменьшается. Мы также можем использовать эту технологию для производства порошков титана. Из

рисунка видно, у этих порошков различные размеры. Среди них размер частиц в диапазоне 2 мкм-5 мкм больше. И эти порошки более стабильны, поскольку большая часть титана является титаном β типа.

На рисунке 10 приведены результаты микроскопических исследований порошков и зависимость частоты от размера частиц.

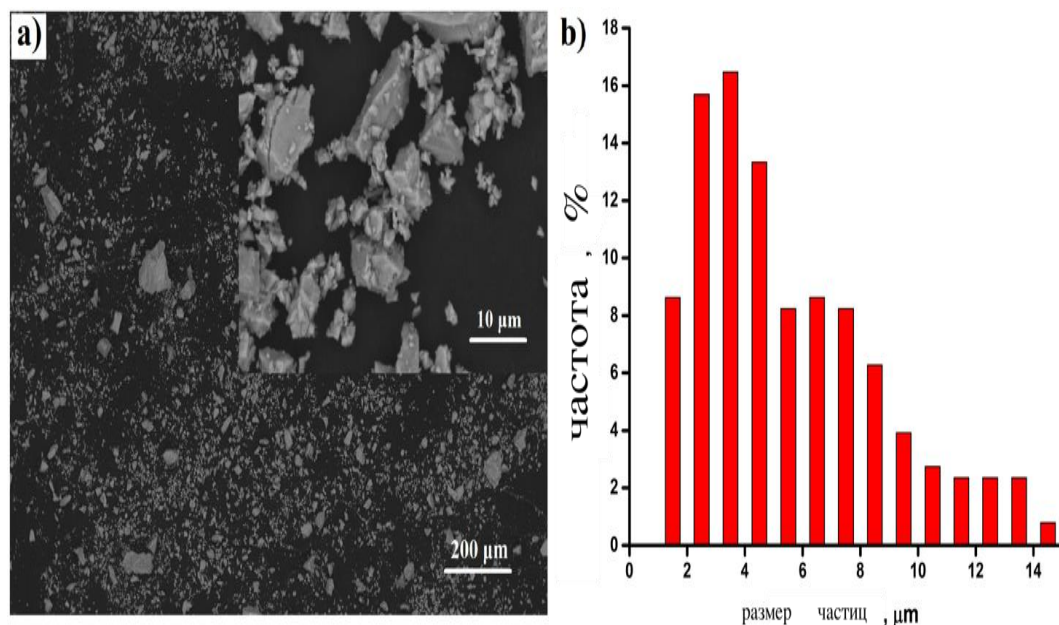


Рисунок 10 – а) Результаты микроскопических исследований порошков;б) Зависимость частоты от размера частиц

3.3 Изучение микроскопических изображений при разном увеличении

На рисунке 11 приведена микроскопическая схема Ti3D.

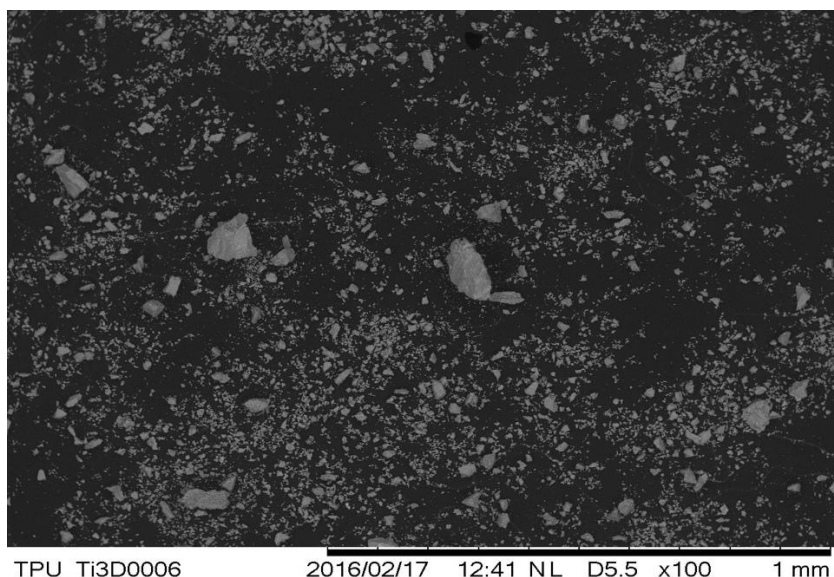
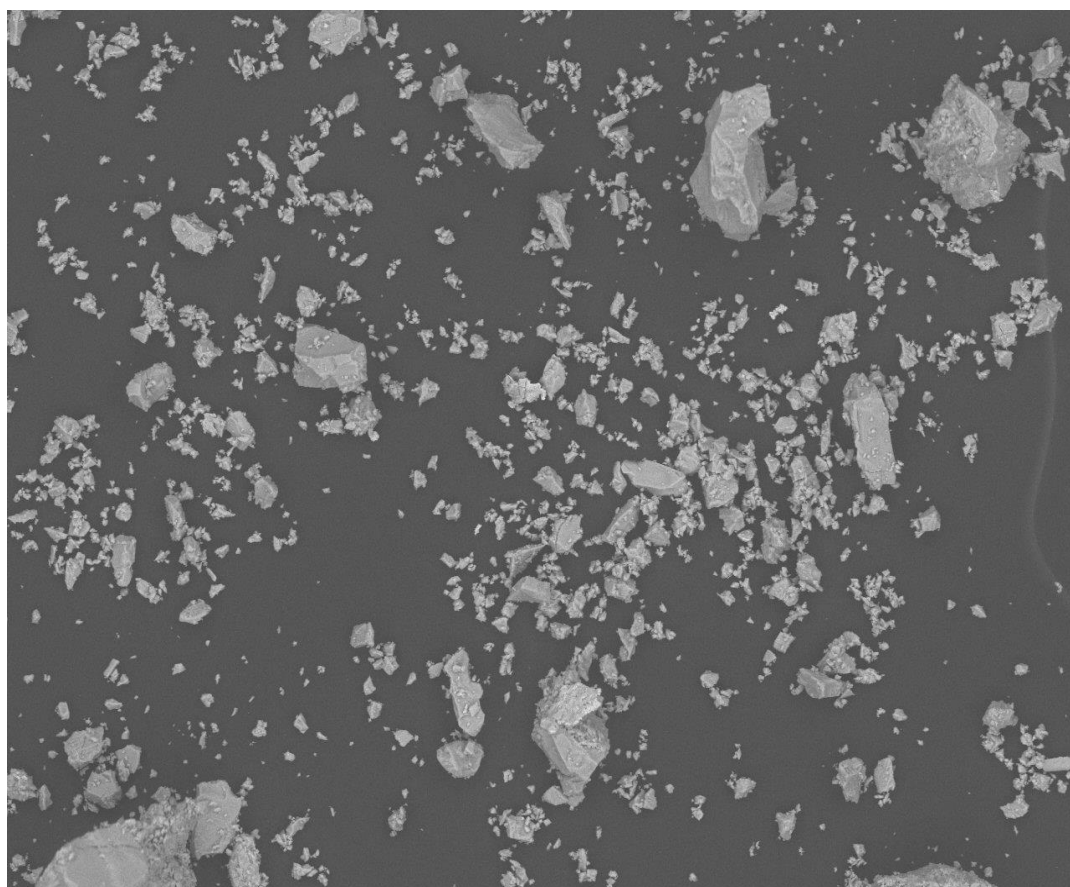


Рисунок 11 - микроскопическая схема Ti3D (1mm)

Это изображение наблюдается при меньшем увеличении. Из этой картины видно, что большей частью металлического порошка является маленькая и равномерная. Однако в маленьких порошках имеются частицы большого размера. Некоторые из частиц во много раз больше объема этих мелких частиц. Возможно, размер этих крупных частиц не может удовлетворить наши потребности. Поэтому нам необходимо дополнительно изучить метод борьбы с этими крупными частицами.

На рисунке 12 приведена микроскопическая схема Ti3D.



TPU_Ti3D0000 2016/02/17 12:32 NL D5.5 x500 200 μm

Рисунок 12 - микроскопическая схема Ti3D (200 μm)

Увеличение этой картины выше, чем предыдущий рисунок. На этой картине видно, что некоторые частицы металла достигли нанопорошка.

На рисунке 13 приведена микроскопическая схема Ti3D.

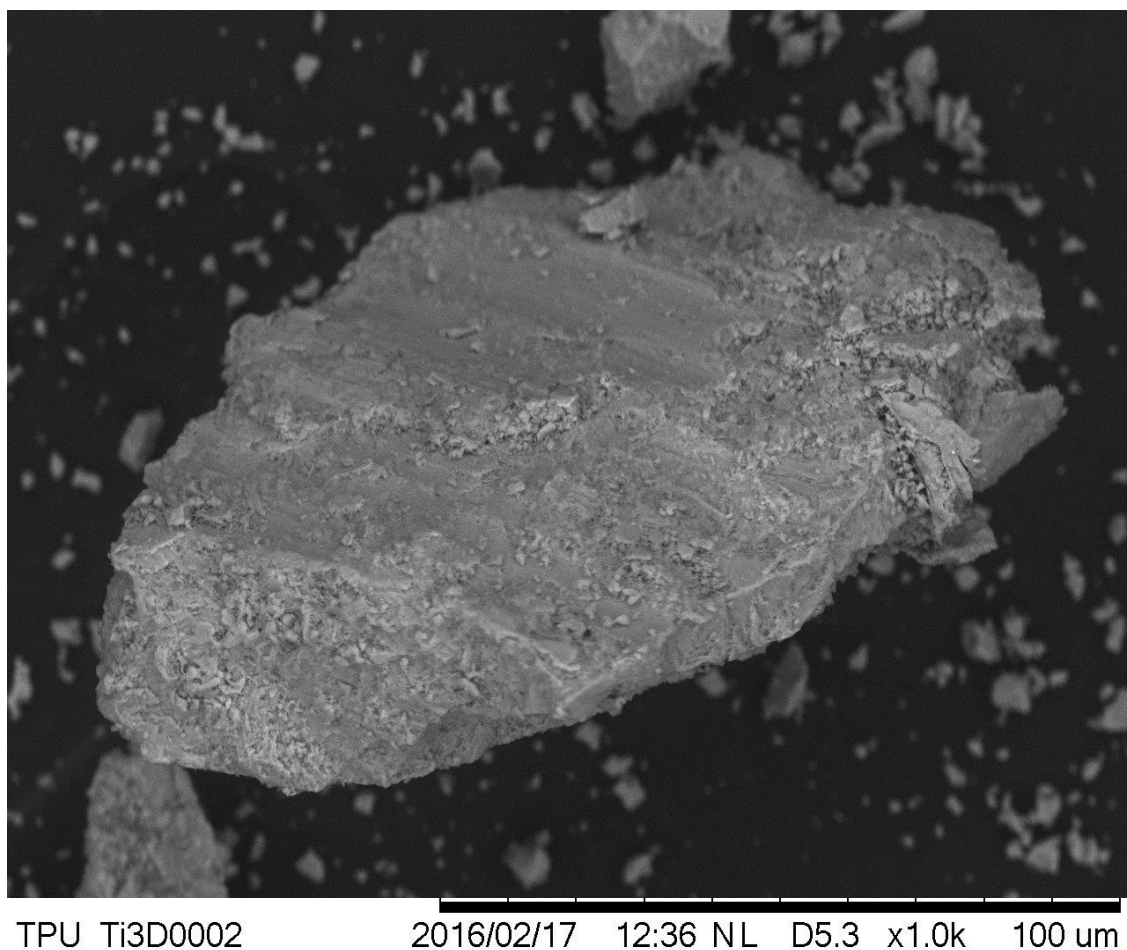


Рисунок 13 - микроскопическая схема Ti3D (100 μm)

Эта картина наблюдается при более высоком увеличении. Нанопорошок - порошок, размер всех частиц которого менее 100 нм. Эта большая частица явно не удовлетворяет этому условию. Мы видим, что на поверхности этой большой частицы имеется много линий при микроскопических условиях.

На рисунке 14 приведена микроскопическая схема Ti3D.

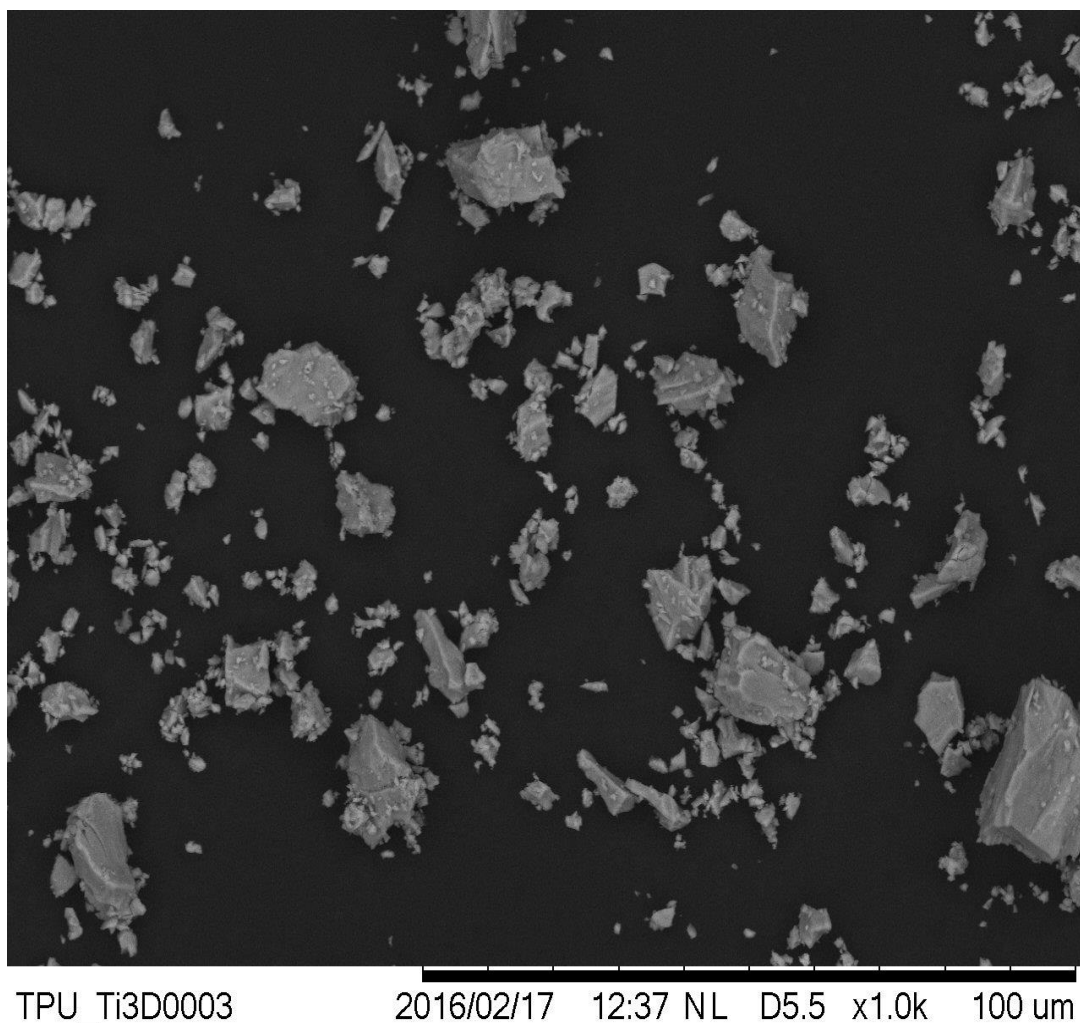


Рисунок 14 - микроскопическая схема Ti3D (100 μm)

Эта картина наблюдается при более высоком увеличении. Почти все частицы на фигуре соответствуют условиям нанесения нанопорошков. Но на картинке мы видим явление, что эти частицы прилипают друг к другу.

На рисунке 15 приведена микроскопическая схема Ti3D.

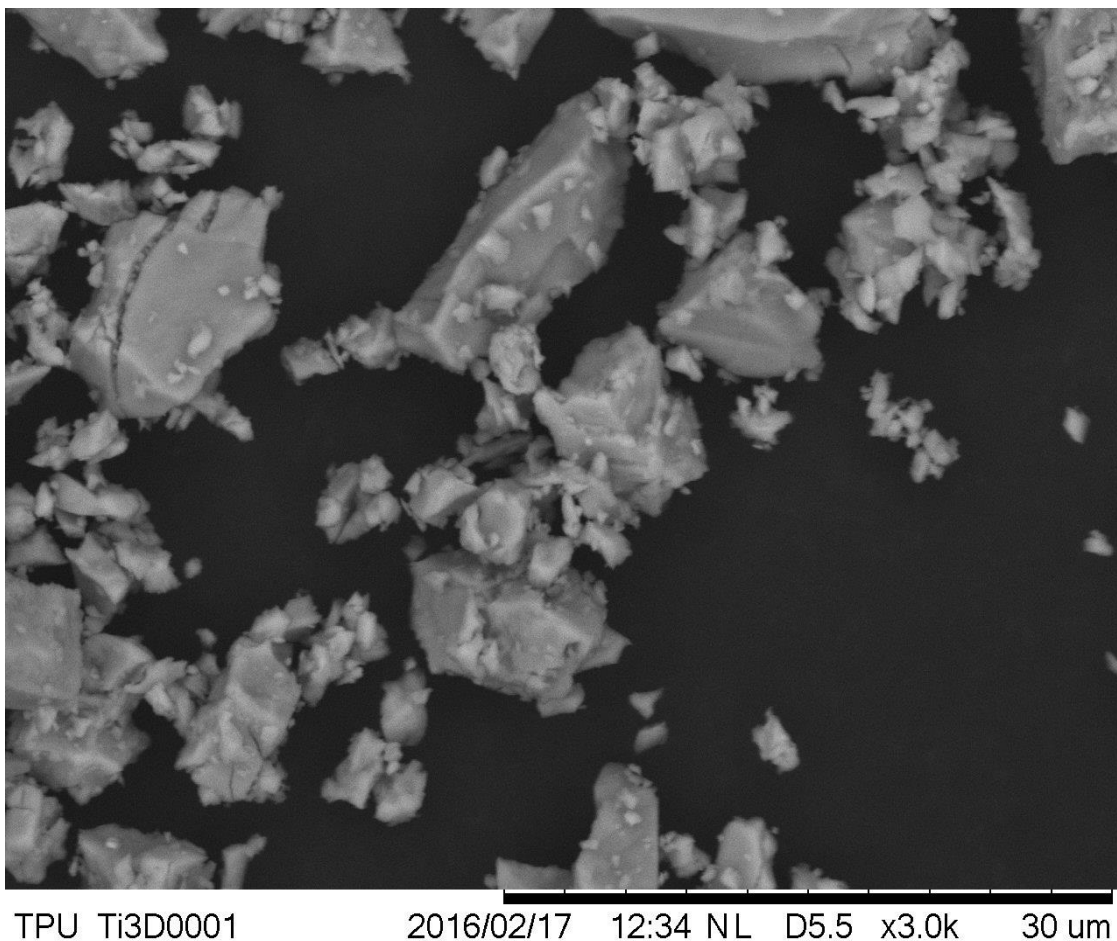


Рисунок 15 - микроскопическая схема Ti3D (30 μm)

Эта картина наблюдается при более высоком увеличении. На картинке мы видим явление, что эти частицы прилипают друг к другу. В связи с этим появление этого явления не является случайным. Это показывает, что нанотитановый порошок имеет вязкость. Поэтому при изготовлении титанового порошка, мы должны найти способы, которые уменьшить влияние вязкости титанового порошков, на размера титанового порошка. Нам еще нужно уменьшить эту адгезию при хранении титанового порошка.

На рисунке 16 приведена микроскопическая схема Ti3D.

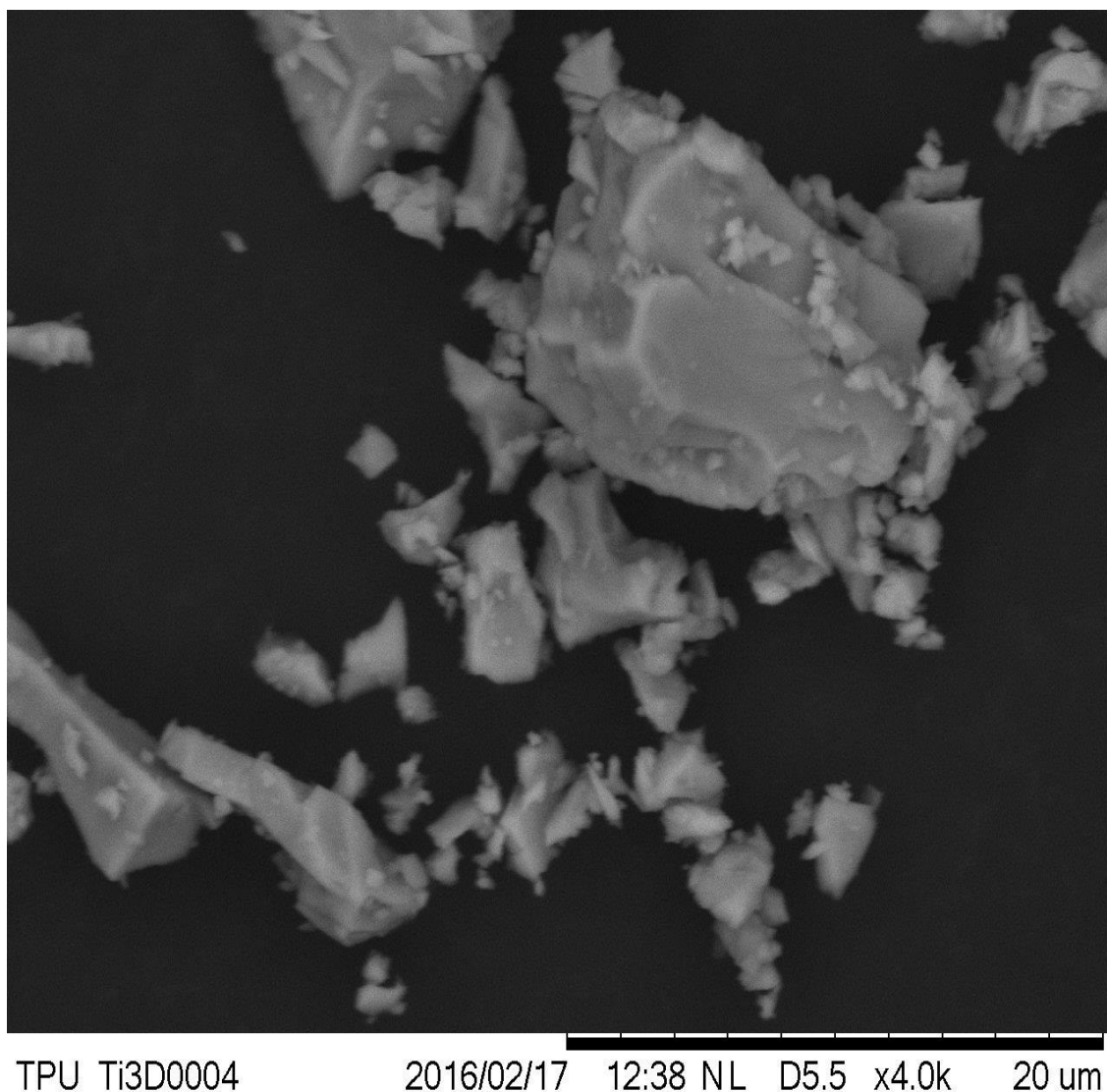


Рисунок 16 - микроскопическая схема Ti3D (20 μm)

Чем выше микро-увеличение, тем яснее мы видим адгезию между частицами титана.

3.4 Анализ результатов рентгенографического исследования образцов Ti

В таблице 3 представлены результаты рентгенографического исследования образцов Ti.

Таблица 3. Результаты рентгенографического исследования образцов Ti

Название образца	Обнаруженные фазы	Содержание фаз, объем. %	Параметры решетки	Размер кристаллитов по ОКР, нм	Микронапряжение
Ti	TiH ₂ _cu bic	44.45	a=4. 4443	179.17	0.004982
	TiH _{1.5} _c ubic	55.55	a=4. 4253	30.41	0.002252

Из таблицы видно, что содержание водорода на титан-водородном сплаве имеет влияния на всех данных. Параметра решетки TiH₂ меньше чем параметра решетки TiH_{1.5}. Размер кристаллитов по ОКР TiH₂ меньше чем размер кристаллитов по ОКР TiH_{1.5}. Микронапряжение TiH₂ меньше чем микронапряжение TiH_{1.5}. Мы видим, что содержание водорода в сплаве оказывает большое влияние. Поэтому в процессе изготовления титанового сплава мы должны строго контролировать различные условия. Таким образом, производство сплавов, которые отвечают нашим потребностям.

На рисунке 17 приведены результаты рентгенографического исследования образцов Ti.

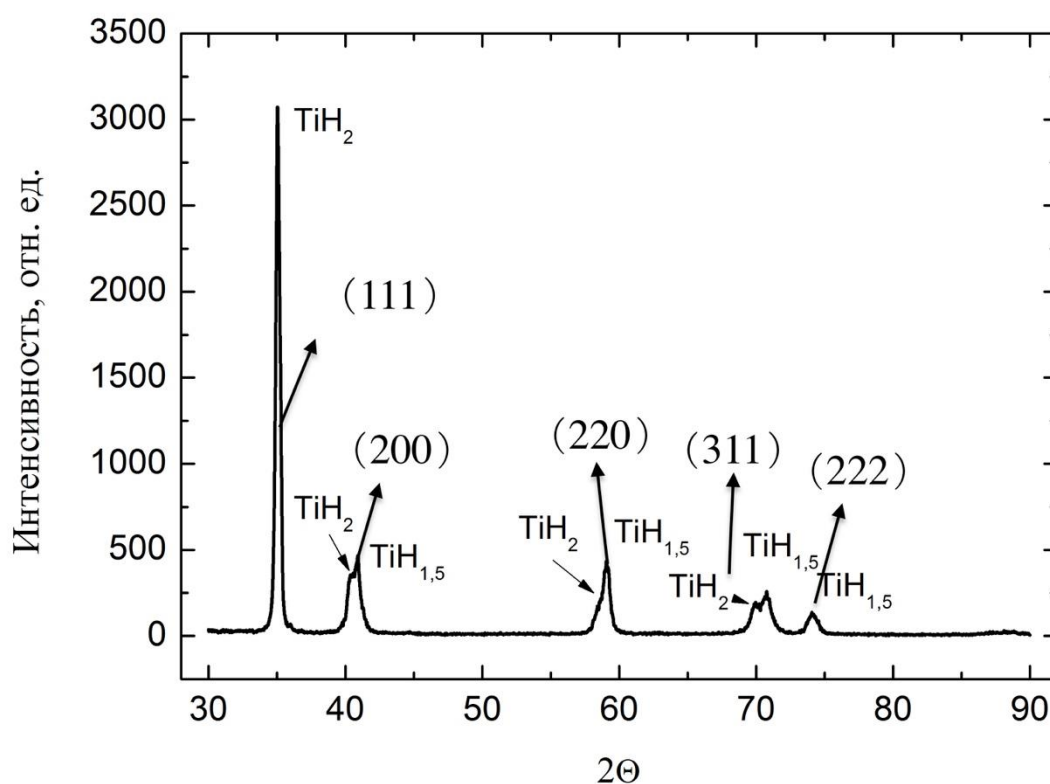


Рисунок 17 - результаты рентгенографического исследования образцов Ti

В этой схеме, есть несколько рефлексов. Каждый рефлекс зависит от индекса интерференции. Под индицированием понимают операцию определения значений индексов интерференции (HKL) каждой линии рентгенограммы. Индексы интерференции (HKL) равны произведению индексов семейства плоскостей (hkl). Тогда мы можем знать микроструктуру материала. Потом, узнаем параметры решетки и т.д. Ниже мы далее анализируем этот рисунок, мы можем получить информацию о кристаллической структуре.

На рисунке 18 приведены результаты рентгенографического исследования образцов Ti.

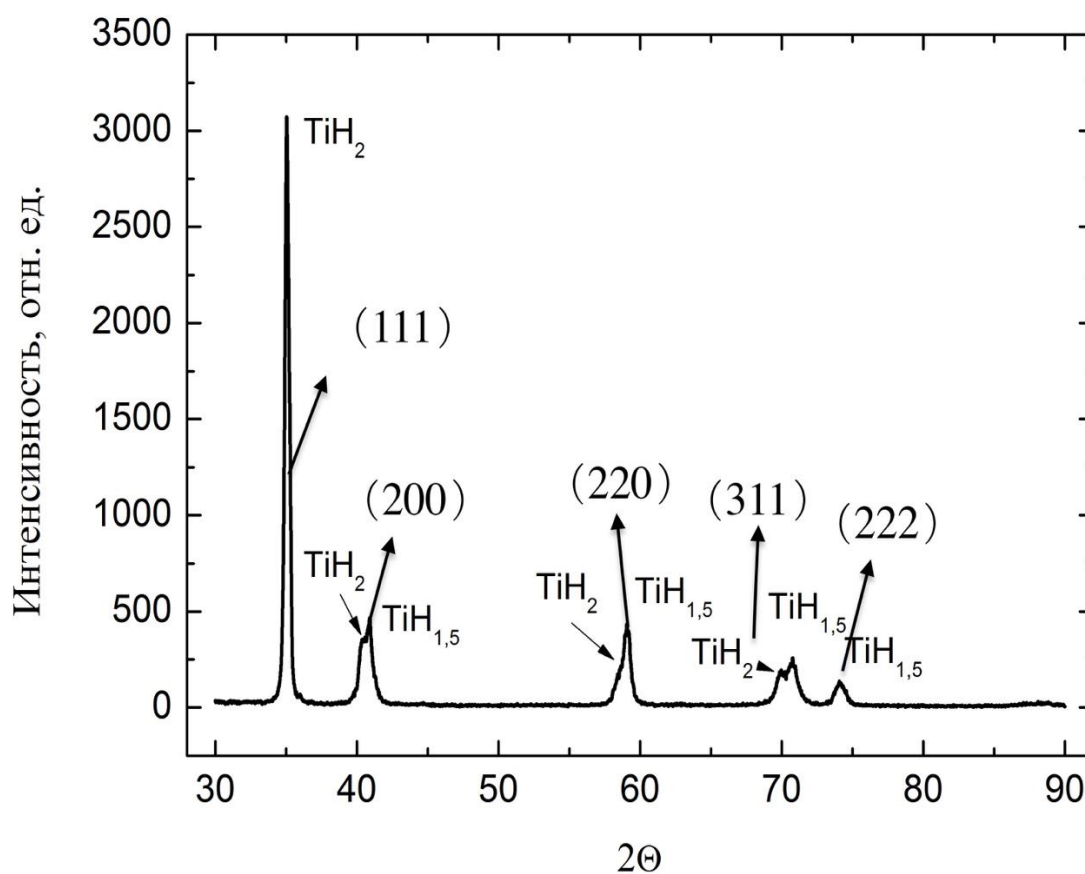


Рисунок 18 - результаты рентгенографического исследования образцов Ti

$(hkl)=(111)$;

$N=(h^2+k^2+l^2)=3$;

FD;

На рисунке 19 приведены результаты рентгенографического исследования образцов Ti.

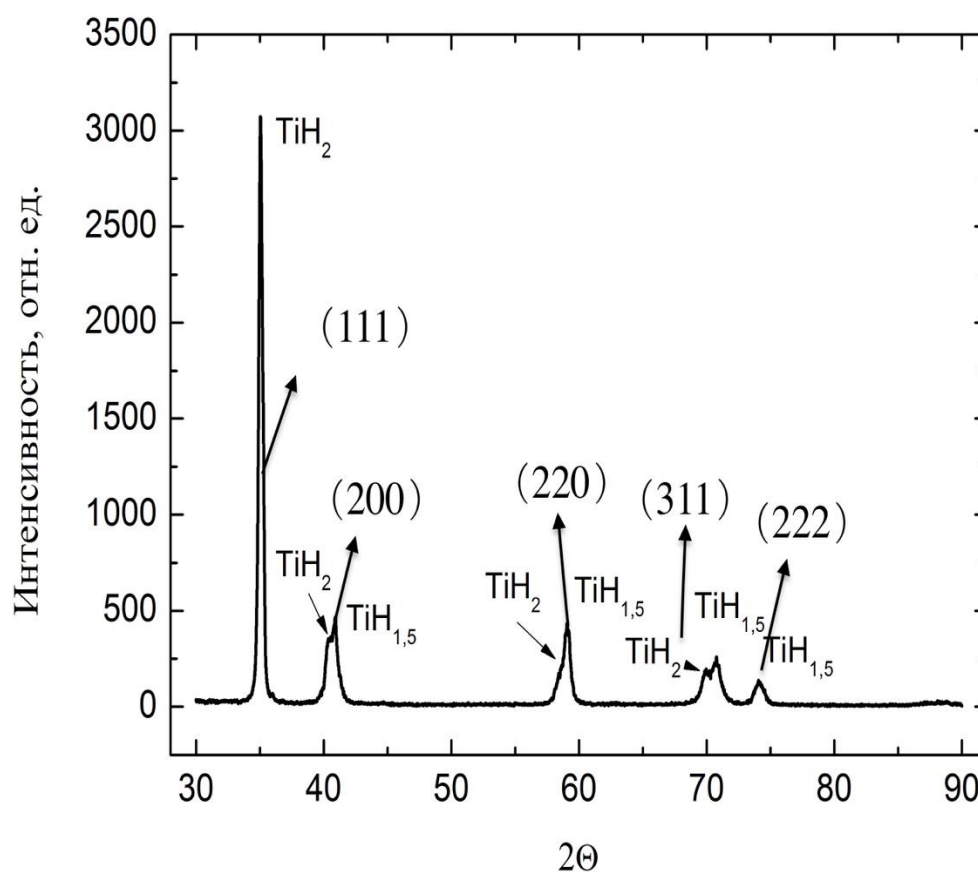


Рисунок 19 - результаты рентгенографического исследования образцов Ti
 $(hkl)=(200)$;
 $N=(h^2+k^2+l^2)=4$;
 BF;

На рисунке 20 приведены результаты рентгенографического исследования образцов Ti.

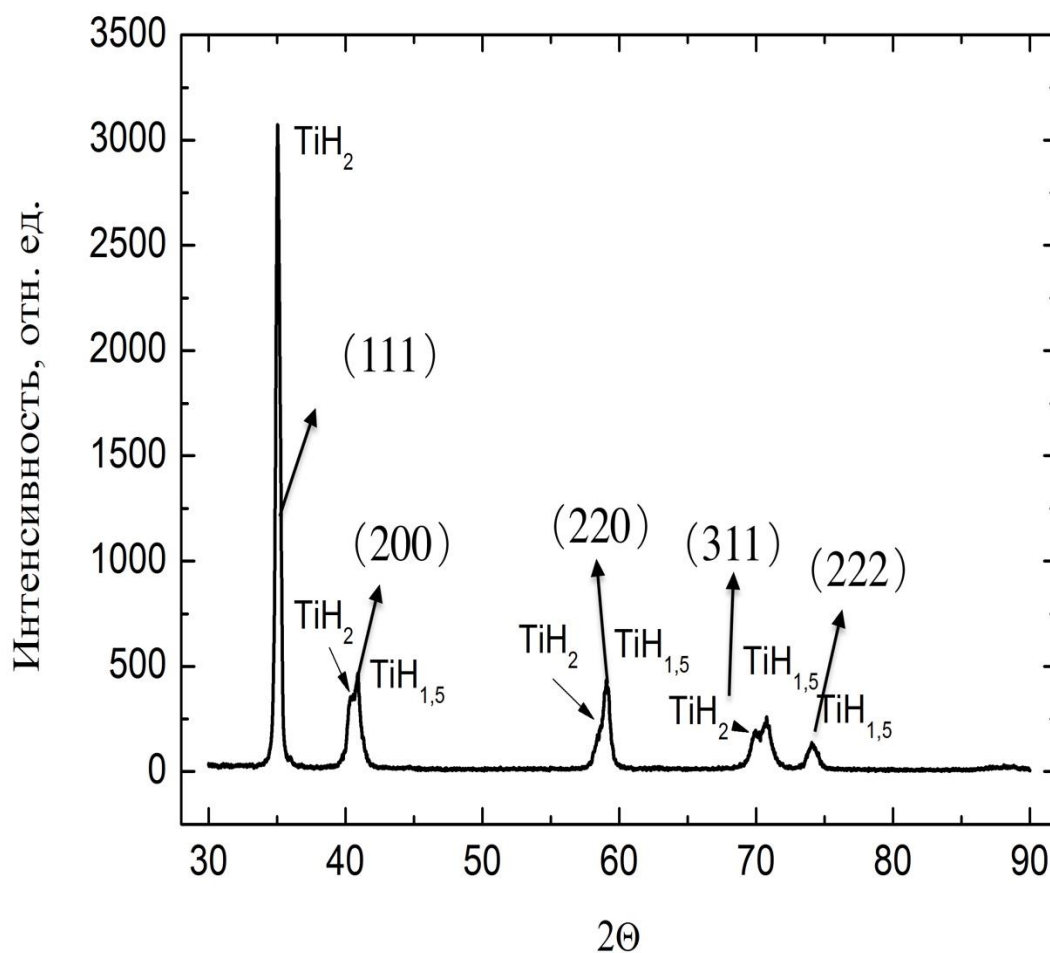


Рисунок 20 - результаты рентгенографического исследования образцов Ti

$(hkl)=(220)$;

$N=(h^2+k^2+l^2)=8$;

BFD;

На рисунке 21 приведены результаты рентгенографического исследования образцов Ti.

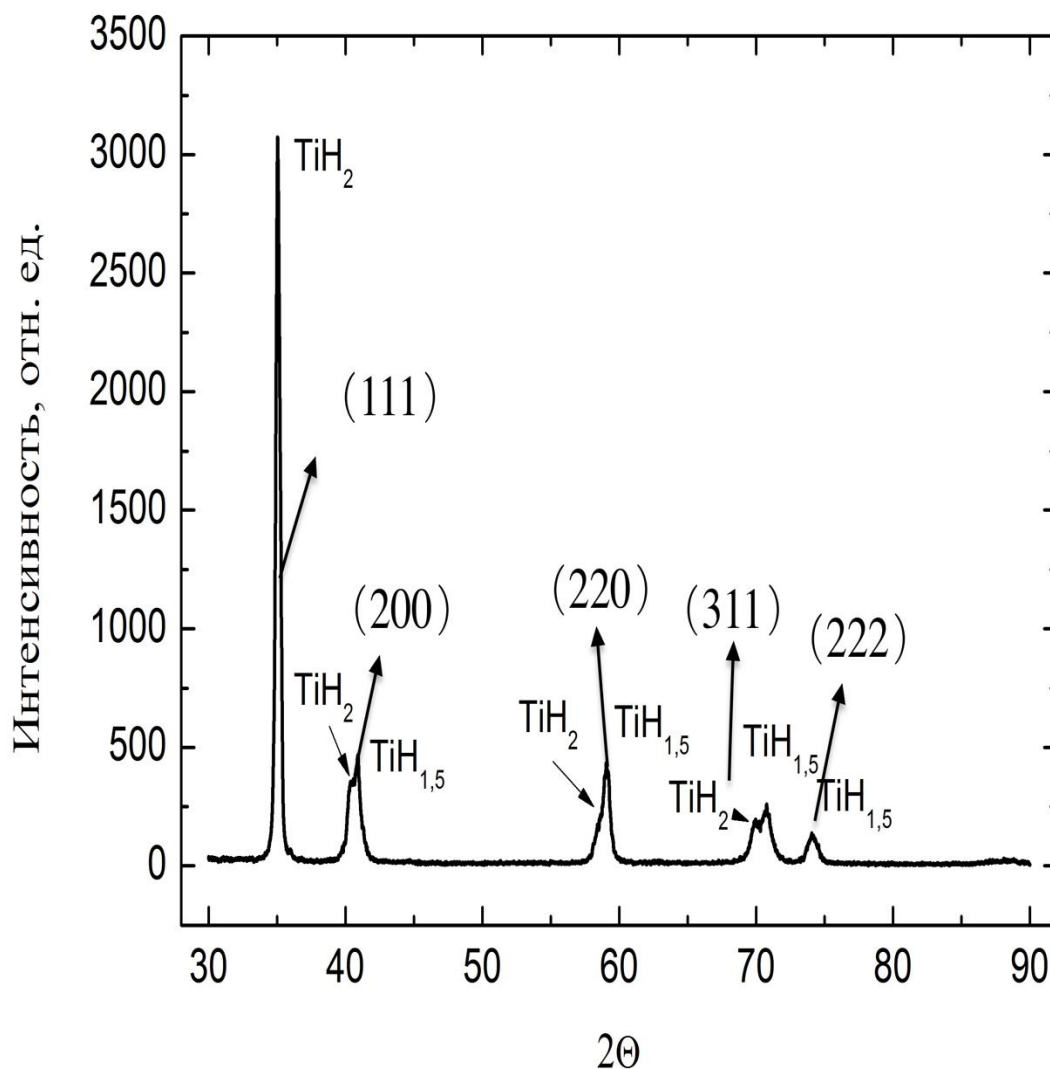


Рисунок 21 - результаты рентгенографического исследования образцов Ti

$(hkl)=(311)$;

$N=(h^2+k^2+l^2)=11$;

FD;

На рисунке 17 приведены результаты рентгенографического исследования образцов Ti.

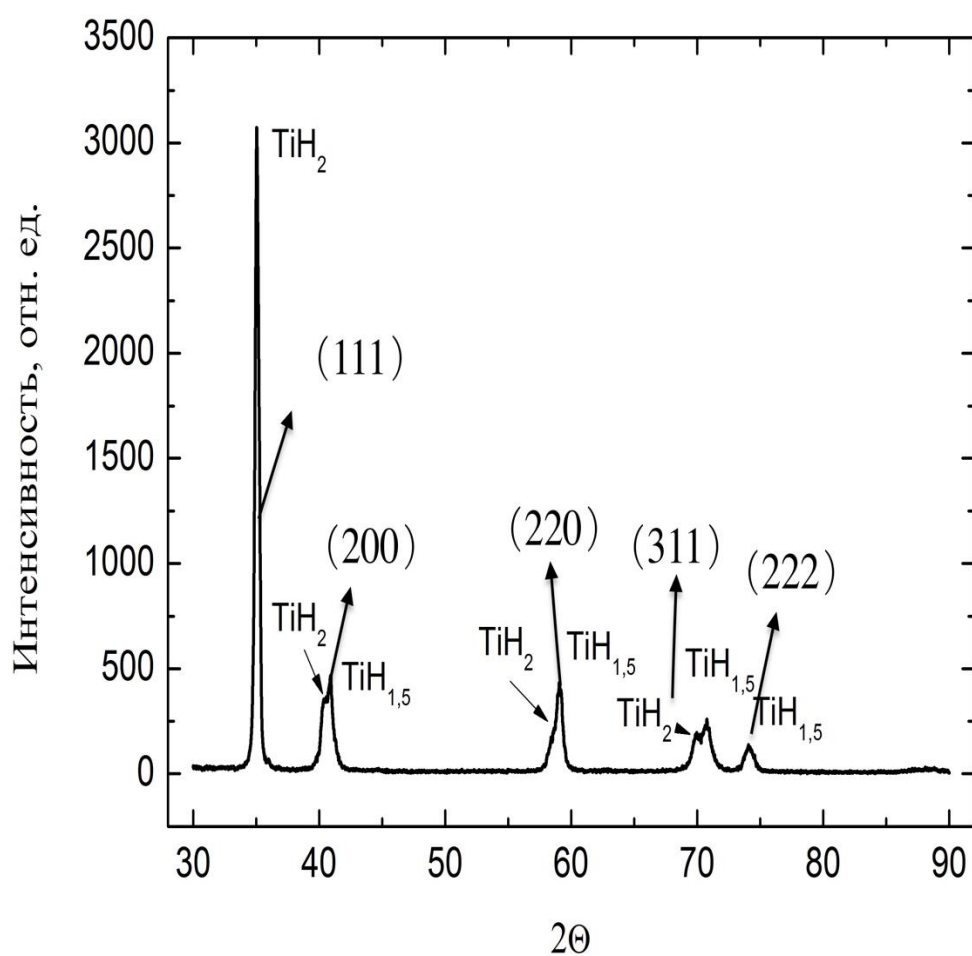


Рисунок 22 - результаты рентгенографического исследования образцов Ti
(hkl)=(222);

$$N=(h^2+k^2+l^2)=12;$$

BF;

(B – ГЦК; F – ОЦК ; D - Структура алмаза)

Все есть F. Потом мы получим структуру – ОЦК.

ГЛАВА 4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

4.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. В свою очередь, *сегмент рынка* – это особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками.



Сегментирование – это разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар (услуга). Можно применять географический, демографический, поведенческий и иные критерии сегментирования рынка потребителей, возможно применение их комбинаций с использованием таких характеристик, как возраст, пол, национальность, образование, любимые занятия, стиль жизни, социальная принадлежность, профессия, уровень дохода.

В зависимости от категории потребителей (коммерческие организации, физические лица) необходимо использовать соответствующие критерии сегментирования. Например, для коммерческих организаций критериями сегментирования могут быть: месторасположение; отрасль; выпускаемая продукция; размер и др.

Для физических лиц критериями сегментирования могут быть: возраст; пол; национальность; образование; уровень дохода; социальная принадлежность; профессия и др.

По результатам проведенного сегментирования рынка были определены основные сегменты, а также выбраны наиболее благоприятные.

Таблица 4 Карта сегментирования рынка

Профиль	Вид способ		
	электролитический способ	метод распыления	метод обратимого гидрирования
Минимальная стоимость			
Самый большой выход			

Таким образом, наиболее благоприятным сегментом и направлением для исследования была выбрана метод обратимого гидрирования.

4.1.2. Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в

постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим конкурентам.

Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Таблица 5 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности	0,15	4	3	2	0,6	0,45	0,3
2. Удобство в эксплуатации	0,05	3	3	3	0,15	0,15	0,15
3. Энергоэкономичность	0,08	5	4	4	0,4	0,32	0,32
4. Надежность	0,08	5	3	3	0,4	0,24	0,24
5. Безопасность	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
6. Простота эксплуатации	0,05	4	3	3	0,2	0,15	0,15
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,11	4	3	3	0,44	0,33	0,33
2. Уровень проникновения на рынок	0,05	1	2	2	0,05	0,1	0,1
3. Цена	0,08	4	4	3	0,32	0,32	0,24
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,07	4	4	4	0,28	0,28	0,28
5. Финансирование научной разработки	0,08	3	5	4	0,24	0,4	0,32
6. Срок выхода на рынок	0,05	4	4	4	0,2	0,2	0,2
7. Наличие сертификации разработки	0,05	1	3	3	0,05	0,15	0,15
Итого	1				3,83	3,59	3,28

Где Б_{к1} – система NOVEC 1230, Б_{к2} – система Нимбус.

Таблица 6 - SWOT-анализ проекта

	<p>Сильные стороны</p> <p>научно-исследовательского проекта: С1. Исполнение из российских комплектующих С2 Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии. С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.</p>	<p>Слабые стороны</p> <p>научно-исследовательского проекта: Сл1. Слабая универсальность проекта, т.к. он разрабатывается под конкретную станцию. Сл2. Отсутствие возможности сборки опытного образца</p>
<p>Возможности: В1.</p> <p>Наличие конкретного заказа на данный проект.</p> <p>В2. Наличие комплектующих в свободном доступе на российском рынке.</p>	<p>Проект исполнить из отечественных комплектующих под конкретного заказчика.</p>	<p>Наличие конкретного заказа гарантирует оплату заказчиком проекта.</p>
<p>Угрозы: У1.</p> <p>Сложность приемки и оформления новых проектов проверяющей</p>		<p>Согласовать проект с проверяющей организацией на этапе проектирования.</p>

организацией Развитая конкуренция технологий производства УЗ. Возможность введения дополнительных государственных требований к такого рода системам		
---	--	--

После анализа сильных и слабых сторон, а также возможностей и угроз проекта, были сделаны следующие основные выводы:

1) Необходимо исполнить проект из отечественных комплектующих под конкретного заказчика.

2) Из-за отсутствия возможности сборки опытного образца, а также из-за сложности приемки и оформления новых проектов со стороны проверяющих организаций, необходимо согласовать проект до начала монтажных работ.

4.1.3 Определение трудоемкости работ

Трудоемкость выполнения проекта оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ож}$ используется следующая формула:

$$t_{ожi} = \frac{3t_{min i} + 2t_{max i}}{5} \quad (4.1)$$

где $t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы.

$$T_{p i} = \frac{t_{\text{ож}i}}{q_i} \quad (4.2)$$

Трудоемкость выполнения проекта оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости i $t_{\text{ож}}$ используется следующая формула:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} \quad (4.1)$$

где $t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая

параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожи}}{Ч_i} \quad (4.2)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб.дн.;

$t_{ожи}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

4.1.4 Технология QuaD

Технология QuaD (QUality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно- исследовательский проект.

Показатели оценки качества и перспективности новой разработки подбираются исходя из выбранного объекта исследования с учетом его технических и экономических особенностей разработки, создания и коммерциализации.

Таблица 7 – Календарный план проекта

№ этапа	Наименование этапа	Кол-во человек	Продолжительность работ			T_{pi} (дн)
			t_{min} (дн)	t_{max} (дн)	$t_{ож}$ (дн)	
1	2	3	4	5	6	7
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	1	1	1	1
2	Подбор и изучение материалов по теме	Дипломник	2	2	2	2
3	Выбор направления исследований	Руководитель, Дипломник	1 2	1 5	1 3	1 3
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, Дипломник	1 4	1 10	1 7	1 7
5	Проведение теоретических исследований, изучение литературы	Дипломник	3	8	6	6
6	Проведение расчетов	Руководитель, Дипломник	1 3	1 5	1 4	1 4
7	Сопоставление результатов расчетов с теоретическими данными	Дипломник	3	5	4	4
8	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель	6	6	6	6
9	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель, Дипломник	10 3	12 5	11 4	11 4
10	Сбор информации по охране труда	Дипломник	3	5	4	4
11	Оформление результатов по охране труда	Дипломник	3	5	4	4
12	Подбор данных для выполнения экономической части работы	Дипломник	2	4	3	3
13	Оформление экономической части работы	Дипломник	2	4	3	3
14	Составление пояснительной записки	Руководитель, Дипломник	1 9	1 14	1 12	1 12
	Всего дней	Руководитель, Дипломник				22 56

4.2. Планирование научно-исследовательских работ

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой входят дипломник, научный руководитель, консультант по части социальной ответственности (СО) и консультант по экономической части (ЭЧ) ВКР.

По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей. Составим перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, проведем распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 8.

Таблица 8 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
1	2	3	4
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Дипломник
	3	Выбор направления исследований	Руководитель, Дипломник
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, Дипломник
Теоретические и расчетные исследования	5	Проведение теоретических исследований, изучение литературы	Дипломник
	6	Проведение расчетов	Руководитель, Дипломник
	7	Сопоставление результатов расчетов с теоретическими данными	Дипломник
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель
	9	Определение целесообразности проведения ОКР	Дипломник, руководитель
<i>Проведение ОКР</i>			
Разработка технической документации и проектирование	10	Сбор информации по охране труда	Дипломник
	11	Оформление результатов по охране труда	Дипломник
	12	Подбор данных для выполнения экономической части работы	Дипломник
	13	Оформление экономической части работы	Дипломник
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	14	Составление пояснительной записки	Дипломник, руководитель

4.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

4.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$З_{\text{м}} = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{\text{расх}i}, \quad (4.3)$$

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, отражены в таблице 9.

Таблица 9 - Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., с НДС руб.			Затраты на материалы, (З _м), руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп.3	Исп. 1	Исп. 2	Исп.3	Исп. 1	Исп.2	Исп.3
Бумага	листов	400	600	500	0,6	0,6	0,6	288	432	360
Чернила для принтера	мл	100	150	50	4	4	4	480	720	240
Тетрадь	шт.	2	1	4	15	15	15	36	18	72
Ручка	шт.	3	2	4	10	10	10	36	24	48
Карандаш	шт.	1	2	1	7	7	7	8,4	16,8	8,4
Итого								848	1210	728

4.3.2 Затраты на оборудование

Все расчеты по приобретению спецоборудования, включая 15% на затраты по доставке и монтажу, отображены в таблице 10.

Таблица 10 – Расчет затрат на оборудование для научных работ

Наименование оборудования	Кол-во	Стоимость с НДС, руб.
Компьютер, в т.ч	1	37920
Системный блок	1	26290
Монитор	1	9690
Манипулятор-мышь	1	590
Клавиатура	1	690
Сетевой фильтр	1	230
Принтер	1	3990
ИТОГО		41480

4.3.3 Расчет основной и дополнительной заработной платы

Численность исполнителей принимается как $N_{рук}=1$, $N_{исп}=1$, общее число исполнителей – 2 человек. Расчет эффективного рабочего времени одного исполнителя сведен в табл. 11.

Таблица 11 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Исполнитель
Календарное число дней	41	75
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	17	17
- праздничные дни	2	2
Номинальный фонд рабочего времени		
Потери рабочего времени		
- отпуск	-	-
- невыходы по болезни	-	-
Эффективный фонд рабочего времени	22	56

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату.

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (4.4)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$T_{раб} = Z_{осн} \cdot Z_{дн}, \quad (4.5)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_{м} \cdot М}{F_{д}} \quad (4.6)$$

где $З_{м}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

$М$ – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $М = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней $М = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

$F_{д}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. Дн.

$$З_{дн(рук)} = \frac{43111,37 \cdot 1}{22} = 1960$$

$$З_{дн(исп)} = \frac{3510 \cdot 2}{56} = 125$$

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{м} = З_{б} \cdot (K_{пр} + K_{д}) \cdot K_{р} \quad (4.7)$$

где $З_{б}$ – базовый оклад, руб.;

$K_{пр}$ – премиальный коэффициент, (определяется Положением об оплате труда);

$K_{д}$ – коэффициент доплат и надбавок;

$K_{р}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп} \quad (4.8)$$

где $З_{осн}$ - основная заработная плата;

$З_{доп}$ - дополнительная заработная плата (12-20% от $З_{осн}$) Основная заработная плата руководителя (от ТПУ) рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда.

Основная заработная плата ($З_{осн}$) руководителя от предприятия рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_{раб} \quad (4.9)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а так же выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций. Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = K_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (4.10)$$

где доп $K_{\text{доп}}$ - коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12-0,15)

Таблица 12 – Расчёт основной и дополнительной заработной платы

Исполнители	$Z_{\text{б}}$, руб.	k_p	$Z_{\text{м}}$, руб.	$Z_{\text{дн}}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{\text{осн}}$, руб.	$Z_{\text{зп}}$
Руководитель	33162,9	1,3	43111,7	1960	22	43340	6501
Дипломник	2700	-	2700	125	56	7000	1050

Рассчитываем отчисления на социальные нужды (27,1%):

$$Q_{\text{соц.н.}} = 0,271 * \text{ЗП, руб.}, \quad (4.11)$$

Таблица 13 – Заработанная плата одного исполнителя НИР

	Заработная плата	Социальные отчисления
Руководитель	49841	13506,9
Исполнитель	7000	0
ИТОГО	56841	13506,9

4.3.4 Расчет затрат на научные и производственные командировки

Затраты на научные и производственные командировки исполнителей определяются в соответствии с планом выполнения темы и с учетом действующих норм командировочных расходов различного вида и транспортных тарифов.

В представленном исследовании командировки отсутствовали.

4.3.5 Контрагентные расходы

Контрагентные расходы включают затраты, связанные с выполнением каких-либо работ по теме сторонними организациями (контрагентами, субподрядчиками), т.е.:

а) Работы и услуги производственного характера, выполняемые сторонними предприятиями и организациями. К работам и услугам производственного характера относятся:

- выполнение отдельных операций по изготовлению продукции, обработке сырья и материалов;
- проведение испытаний для определения качества сырья и материалов;
- контроль за соблюдением установленных регламентов технологических и производственных процессов;
- ремонт основных производственных средств;
- поверка и аттестация измерительных приборов и оборудования, другие работы (услуги) в области метрологии и прочее.
- транспортные услуги сторонних организаций по перевозкам грузов внутри организации (перемещение сырья, материалов, инструментов, деталей, заготовок, других видов грузов с базисного (центрального) склада в цехи (отделения) и доставка готовой продукции на склады хранения, до станции (порта, пристани) отправления).

б) Работы, выполняемые другими учреждениями, предприятиями и организациями (в т.ч. находящимися на самостоятельном балансе опытными (экспериментальными) предприятиями по контрагентским (соисполнительским) договорам на создание научно-технической продукции, головным (генеральным) исполнителем которых является данная научная организация).

Контрагентные расходы отсутствуют.

4.3.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов

исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$З_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1/7) K_{\text{нр}} \quad (4.12)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

4.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в табл. 14

Таблица 14 - Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	2	3	4
1. Материальные затраты НТИ	848	1210	728
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	41480	41480	41480
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	56841	56841	56841
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	7551	7551	7551
5. Отчисления во внебюджетные фонды	13506,9	13506,9	13506,9
6. Накладные расходы	19236,3	19294,2	19217,1
7. Бюджет затрат НТИ	139463,2	139883,1	139324,0

4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{\text{pi}}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (4.13)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно- исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{\text{pi}} = \sum a_i + b_i \quad (4.14)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Таблица 15 - Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,98	1	0,96
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,05	4,45	3,9
3	Интегральный показатель эффективности	4,13	4,45	4,06
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	0,93	1	0,91

Заключение: в ходе выполнения раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» были определены финансовый показатель разработки, показатель ресурсоэффективности, интегральный показатель эффективности и, на основании сравнительной эффективности вариантов исполнения, оптимальным был выбран вариант исполнения 2.

СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Введение

Процесс 3D-печати делится на два этапа: 1) сначала осуществляется нанесение слоев порошка на подложку; 2) затем производят спекание или сплавление порошка различными методами (электронным пучком, лазером). Есть много способов производства титанового порошка.

В процессе производства титанового порошка используется много инструментов. Одним из инструментов является Автоматизированный комплекс GRC.

Автоматизированный комплекс GRC разработан для определения количества сорбированного газа различными твердыми телами в различных диапазонах температур и давлений. Принцип работы GRC можно понять из рисунка.

При работе на комплексе Gas Reaction Controller LP на работников возможно воздействие следующих вредных факторов:

Микроклимат; компьютер; опасность поражения электрическим током; воздействие высокой температуры; эксплуатация газовых баллонов (аргон), работающих под давлением.

При неисправности в работе комплекса Gas Reaction Controller LP возможна утечка газа, возгорание.

Итак, это необходимо исследовать его социальная ответственность.

5.1. Производственная безопасность.

5.1.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования.

Таблица 16. Опасные и вредные факторы при выполнении работ по оценке технического состояния подводного перехода нефтегазопровода

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
<p>Полевые работы:</p> <p>1) Подготовка образцов;</p> <p>2) Исследование взаимодействия водорода с титаном;</p> <p>3) Способы наводороживания сплавов из титана</p> <p>4) Анализ полученных результатов;</p>	<p>1.</p> <p>Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе;</p> <p>2.</p> <p>Превышение уровней шума и вибрации;</p> <p>3.</p> <p>Повышенная загазованность воздуха рабочей среды.</p>	<p>1.</p> <p>Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;</p> <p>2.</p> <p>Электрический ток.</p>	<p>Приводятся нормативные документы, которые регламентируют действие каждого выявленного фактора с указанием ссылки на список литературы.</p> <p>Например, параметры микроклимата устанавливаются СанПиН 2.2.4-548-96 [1].</p>

Основная часть государственной системы стандартизации устанавливает требования и нормы по видам опасных и вредных производственных факторов.

Для анализа и профилактики производственного травматизма профессиональной заболеваемости важное значение имеет классификация их причин. Несчастные случаи возникают в процессе неудовлетворительных условий труда в результате действия опасных и вредных производственных факторов.

При анализе производственного травматизма и профессиональных заболеваний необходимо учитывать весь комплекс факторов, воздействующих на формирование безопасных условий труда.

Главными задачами анализа вредных и опасных факторов является установление закономерностей, вызывающих несчастные случаи, и разработка на основе этой закономерности эффективных профилактических мероприятий.

Можно выделить две группы факторов: производственно-технологические или объективные человеческие, к которым относятся:

- все работающие (движущиеся) части станков, машин или цеховой транспорт, а также острые кромки и заусенцы деталей, заготовок, инструмента и оборудования
- запыленность и загазованность цеха или рабочей зоны
- некомфортный микроклимат цеха или участка
- повышенная температура оборудования или материалов
- повышенный уровень шума и вибрации на рабочем месте или в цехе

- отсутствие или недостаток естественного освещения и недостаточность искусственного освещения цеха и рабочего места

- электрическое оборудование токоведущие провода и кабели

- наличие вредных и токсичных веществ

5.1.2. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований.

Работающее оборудование, перемещаемые детали заготовки, цеховой транспорт, а также наличие острых кромок заусенцев на деталях, заготовках, инструменте и оборудовании является источником производственного травматизма – порезов ушибов переломов и т.д. Оборудование при работе выделяет тепло, и разогретый металл при обработке служит источником ожогов и тепловых травм. Все токоведущее и токопоглощающее оборудование при не соблюдении техники безопасности работы на нем может привести к поражению электрическим током.

Одним из вредных веществ, часто находящимся в воздухе машиностроительных цехов является пыль, представляющая собой мельчайшие частицы твердого вещества. Пыль, способная некоторое время находиться в воздухе во взвешенном состоянии, называется аэрозолью, в отличие от осевшей пыли, называемой аэрогелью. Пыль оказывает вредное действие главным образом на дыхательные пути и легкие. В зависимости от ее состава и вида может оказывать также неблагоприятные воздействия на кожу и глаза. К ядовитой или токсичной относятся свинцовая, марганцевая, хромовая и др. Эта пыль, попадая в организм или оседая на коже, может вызвать острое или хроническое отравление.

По дисперсности (степень измельченности) различают пыль: крупнодисперсную – частицами размером более 10 мкм; среднедисперсную – частицами размером от 10 до 5 мкм, мелкодисперсную и дым с частицами размером мене 5 мкм. Мелкодисперсная пыль представляет для организма наибольшую опасность.

Вредные вещества (пары, газы, пыль), находящиеся в воздухе производственных помещений, через дыхательные пути, пищевой тракт могут попасть в организм человека и при определенных условиях вызвать острые и хронические отравления, а также, при выделении в атмосферу при постоянном воздействии и повышенной концентрации приводит к загрязнению окружающей среды

Важнейшее значение для нормальной жизнедеятельности человека имеет наличие чистого воздуха, необходимого химического состава и имеющего оптимальные температуру, влажность и скорость движения.

В производственных помещениях при работе станков, машин, оборудования, от технологического процесса и нахождения работающих людей могут выделяться избыточное количество тепла и влаги, а также загрязняющих воздух газов, паров, пыли.

Длительное воздействие шума на человека может привести к частичной потере слуха, повышению кровяного и внутреннего давления, общей утомляемости и увеличению опасности травматизма. Воздействие вибрации оказывает патологическое воздействие на весь организм человека, вызывая общую утомляемость и снижение внимания, и как следствие травматизм при работе, а также хронические профессиональные заболевания.

5.1.3. Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов.

Одним из вредных производственных факторов, действующих в цехах сервисного центра сельскохозяйственной техники является шум и вибрация. При разработке технологического процесса, при организации рабочих мест следует принимать все необходимые меры по снижению шума, до значений не превышающих допустимые (по ГОСТ 12.1.003-86) применением средств индивидуальной защиты по ГОСТ 12.4.051-78. В качестве средств индивидуальной защиты используют вкладыши, наушники, шлемы.

Средства и методы коллективной защиты от шума делятся на акустические, архитектурно-планировочные, организационно-технические.

К организационно-техническим методам защиты относятся применение малошумных технологий, оснащение шумных машин дистанционным управлением, использование рациональных режимов труда и отдыха.

Архитектурно-планировочные методы защиты от шума включают в себя рациональные акустические решения планировок зданий, рациональное размещение технологического оборудования, машин и механизмов.

Для устранения шума и вибрации в цехе применяются следующие мероприятия:

- а) Станки, установленные на фундаменты, виброизолированные от конструкции здания;
- б) Электродвигатели станков, установленные на демпфирующие прокладки;
- в) Сопряжение всасывающих и выхлопных воздухопроводов производится при помощи гибких патрубков.

Микроклимат производственных помещений - климат внутренней среды этих помещений, который определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также температуры окружающих поверхностей.

В соответствии с ГОСТ 12.1.005-88 значения температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха устанавливаются для рабочей зоны производственных помещений в зависимости от категории тяжести выполняемой работы, величины избытков явного тепла, выделяемого в помещении, и периода года.

Во всех случаях в воздухе, поступающем внутрь зданий и сооружений через приемные отверстия систем вентиляции и через проемы для естественной приточной вентиляции, содержание вредных веществ не должно превышать 30% ПДК, установленных для рабочей зоны производственных помещений.

Требуемое состояние воздуха рабочей зоны может быть обеспечено выполнением определенных мероприятий:

1.Механизация и автоматизация производственных процессов, дистанционное управление ими.

2.Применение технологических процессов и оборудования, исключающих образование вредных веществ или попадания их в рабочую зону.

3.Большое значение для оздоровления воздушной среды имеет надежная герметизация оборудования, в котором находятся вредные вещества.

4.Защита от источников тепловых излучений.

5.Устройство вентиляции и отопления.

Вытяжная вентиляция устанавливается на рабочем месте заточки инструмента, а также на рабочем месте электросварщика.

В качестве индивидуальных средств защиты у каждого рабочего должны быть защитные очки. Для удаления стружки из рабочей зоны станка – специальные крючки.

В проектируемом цехе установлено большое количество электрооборудования. Чтобы избежать поражения работающих **электрическим током**, оборудование необходимо заземлить.

Контурное заземляющее устройство характеризуется тем, что его одиночные заземлители размещаются по контуру площади, на которой находится заземляемое оборудование. Безопасность при контурном заземлении обеспечивается выравниванием потенциала на защищаемой территории до такой величины, чтобы максимальное значение напряжений прикосновения и шага не превышали допустимых. Это достигается путем соответствующего размещения одиночных заземлителей.

Для защиты от поражения электрическим током также применяют зануление и защитные отключающие устройства.

Занулением называется присоединение к неоднократно заземленному проводу «нулевому» питающей сетки корпусов и других металлических частей электрооборудования, которые не находятся под напряжением, но вследствие повреждения изоляции могут оказаться под напряжением.

5.2 Экологическая безопасность.

5.2.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

Вследствие относительной инертности титана считается, что он не оказывает отрицательного влияния на окружающую среду. 100% титана можно использовать повторно, он не разрушается, и как результат этого не загрязняет окружающую среду. Другие металлы, когда подвергаются действию загрязняющих веществ окружающей среды, разъедаются или разрушаются от коррозии и выделяют ионы металла в грунтовые воды, что является причиной возникновения проблем в окружающей среде. С учетом обязательств, связанных со "спецификацией по строительству без вреда окружающей среде", преимуществами титана считаются его наибольшая степень инертности и наибольший срок службы по сравнению со всеми остальными архитектурными металлами.

Однако во время эксперимента используется водород. Утечка водорода может вызвать взрыв.

5.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

5.3.1. Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований.

Таблица 17 - Анализ возможных ЧС

Чрезвычайная ситуация	Источники ЧС	Последствия ЧС
1	2	3
Пожар	Пожар, разрушение машин, ожоги, отравления продуктами горения, опасность взрывов, летальные исходы	
Ураганный ветер	Природный фактор	Разрушение машин, зданий, травмирование и раздавливание людей летающими предметами и их осколками, опасность взрыва, летальные исходы, обрыв линии электропередач
Ливневые дожди	Природный фактор	Затопление территории предприятия, разрушение зданий, летальные исходы

5.3.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований.

К возникновению ЧС могут привести полное или частичное разрушение технологического оборудования.

К основным причинам и факторам, связанным с отказами оборудования относятся:

- опасности, связанные с технологическими процессами;
- физический износ, коррозия, механические повреждения, температурные деформации оборудования или трубопроводов;
- ошибки обслуживающего персонала.

Основными причинами выбросов и утечек нефти могут быть:

- превышение рабочего давления;
- разрушение (полное или частичное) трубопроводов, оборудования и сооружений;
- отказы оборудования и технологических устройств.

Рассматриваются наиболее опасные варианты развития аварии:

- для технологических трубопроводов - связанные с порывом трубопровода на участке с максимальным давлением;
- для насосных - связанные с полным разрушением насоса.

5.3.3. Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС.

Организационные мероприятия касаются области управления ЧС. К ним относится планирование, комплексные проверки состояния объектов ГО, проведение на предприятиях контроля состояния сил и средств на предприятиях, установление персональной ответственности за проведение тех

или иных видов работ, направленных на повышение надежности функционирования объекта в условиях ЧС и т.п.

Организационные мероприятия касаются области управления ЧС. К ним относится планирование, комплексные проверки состояния объектов ГО, проведение на предприятиях контроля состояния сил и средств на предприятиях, установление персональной ответственности за проведение тех или иных видов работ, направленных на повышение надежности функционирования объекта в условиях ЧС и т.п.

Мероприятия по минимизации потерь населения:

Технические:

1. Ведение контроля за системой молниезащиты, за системой пожаробезопасности.
2. Ведение строгого контроля за условиями хранения химически опасного вещества.
3. Хранение СД и ЯВ в специализированных резервуарах и установка на них приборов регистрирующих изменение параметры состояния вещества - в случае разгерметизации срабатывают сигнальные устройства.
4. Ограждение площадки с резервуаром (место хранения) заградительной полосой (нейтрализация), в случае растекания вещества, размер зоны растекания не выйдет за пределы площадки, вещество будет нейтрализовано и утилизировано.

Организационно – технические:

1. Установление персональной ответственности за проведение тех или иных видов работ, которые могут вызывать риск возникновения ЧС.

2. Установление ответственности за проведение работ по эвакуации работников предприятия при локализации аварии.

3. Использование сорбента и металлической пены при разливе СД и ЯВ.

4. Ведение работ по прогнозированию возникновения химической опасности.

5. Проведение учений для отработки действий при локализации ЧС.

6. Обучение персонала методам активной защиты и использование СИЗ при возникновении ЧС.

7. Разработка инструкций к действиям для работников при возникновении ЧС.

5.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

5.4.1. Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства.

При работах с вредными и опасными условиями труда, а также выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением, работникам бесплатно выдаются прошедшие обязательную, сертификацию или декларирование соответствия специальная одежда, специальная обувь и другие средства индивидуальной защиты, а также смывающие и (или) обезвреживающие средства в соответствии с типовыми нормами.

При работе с вредными условиями труда работникам выдаются бесплатно по установленным нормам молоко или другие равноценные пищевые продукты. Выдача работникам по установленным нормам молока или других равноценных пищевых продуктов по письменным заявлениям работников может быть заменена компенсационной выплатой в размере, эквивалентном, стоимости этих продуктов, если это предусмотрено коллективным договором и (или) трудовым договором [61].

Федеральный государственный надзор за соблюдением трудового законодательства и иных нормативных правовых актов, содержащих нормы трудового права, осуществляется федеральной инспекцией труда в порядке, установленном Правительством Российской Федерации.

Государственный контроль (надзор) за соблюдением требований по безопасному ведению работ в отдельных сферах деятельности 78 осуществляется в соответствии с законодательством Российской Федерации уполномоченными федеральными органами исполнительной власти.

Ведомственный контроль за охраной труда проводят министерства и ведомства, которые контролируют внутриведомственное соблюдение законодательства о труде. Для этого создают специальные службы охраны труда в виде отделов с аппаратом инженеров по охране труда, санитарных врачей и других специалистов.

Профсоюзный общественный контроль за охраной труда осуществляют общественные инспектора и комиссии по охране труда комитетов профсоюзов. Для исключения возможности несчастных случаев должны проводиться обучение, инструктажи и проверка знаний работников требований безопасности труда.

5.4.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя.

Персонал допускается к работе только в спецодежде и средствах индивидуальной защиты. На рабочем месте должны быть запасы сырья и материалов, не превышающие сменную потребность. Необходимо знать специфические свойства применяемых веществ и соблюдать установленные правила работы с ними. Производственный процесс должен быть организован

так, чтобы не допускать выделения в воздух рабочей зоны пыли и вредных веществ. Все эксплуатируемые электроустановки должны соответствовать требованиям «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей», и др. нормативных документов. Эксплуатация электрооборудования без заземления не допускается. Помещения опытно-производственной лаборатории обеспечиваются первичными средствами пожаротушения согласно действующим нормам. Все работники должны уметь пользоваться средствами пожаротушения и уметь оказывать первую помощь при несчастном случае. Не допускается 79 загромождения рабочих мест, проходов, выходов из помещений и здания, доступа к противопожарному оборудованию [61].

Вывод :

1. В настоящей работе проведено исследование влияния состояния поверхности титанового сплава BT1-0 на его взаимодействие с водородом.
2. Показано, что шлифование поверхности сплава и нанесение слоя никеля является самым лучшим способом обработки поверхности с точки зрения сорбции водорода.
3. Так, скорость сорбции водорода титановым сплавом BT1-0 после шлифования поверхности и нанесения слоя никеля в 5 раз выше чем в сплаве после травления и нанесения слоя никеля и в 6 раз выше чем в сплаве после травления.
4. ТНТ имеет значительные преимущества в улучшении микроструктуры, механических свойств и технологических свойств титановых сплавов и успешно используется при производстве титановых сплавов. ТНТ имеет важное практическое значение для разработки и использования широко используемого титанового сплава, высокотемпературного титанового сплава и композитного материала.
5. В будущем должны дополнительно изучить микроструктуру, механические свойства и характеристики обработки легированного водородом титанового сплава, тщательно понять его механизм упрочнения, разработать ТНТ и водородный процесс в титановом сплаве и изучить применение металла, аналогичное титану. Возможность водорода технологии для расширения сферы применения.

Список использованных источников

1. Okabe, Toru H. and Yoshio Waseda. Producing titanium through an electronically mediated reaction:A.1997. V.49.Is.6 .P. 665.
2. Okabe, Toru H., and Donald R. Sadoway.Metallothermic reduction as an electronically mediated reaction//Journal of materials research:A.1998.P. 3377.
3. Gerdemann, Steven J.Titanium process technologies//Advanced materials & processes :A.2001.P.159.
4. Kraft E H. Opportunities for Low Cost Titanium in Reduced Fuel Consumption, Improved Emissions, and Enhanced Durability Heavy Duty Vehicles//ORNL Oak Ridge National Laboratory (US):A. 2002.
5. wang zhi,yuan zhang fu,guo zhan cheng. титан развитие металла процесс// процесс инженерия:A.2001.P. 92.
6. Okabe, T. H., Oda, T., & Mitsuda, Y.. Titanium powder production by preform reduction process (PRP)//Journal of Alloys and Compounds:A.2004.V. 364.P. 163.
7. wang bi xia, lan xin zhe,zhao xi cheng,wu xiao song. Подготовка процесса прямого восстановления оксида титана прогресса металлического титана // редкостный,:A.2006.P.671.
8. Froes, F. H., and B. Trindade. The mechanochemical processing of aerospace metals// Journal of materials processing technology 1:A.2004.V.53.P.475.
9. Froes, Francis H., Baburaj G. Eranezhuth, and Oleg N. Senkov. Reduction of metal oxides through mechanochemical processing// U.S. Patent :A.2000.V. 6,152,982. 28.
10. Froes, F. H., Eranezhuth, B. G., & Prisbrey, K. U.S. Patent Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office :A.2001.V. 6,231,636.
11. Skrzypek, H., and S. A. Bradford. Combined effects of stress and flow velocity on corrosion potential of 1025 steel// Corrosion :A.1990.V.46.Is.11 .P.934.

12. Covington, L. C. The influence of surface condition and environment on the hydriding of titanium// Corrosion:A.1979.V. 35.Is.8 .P.382.
- 13.Elias R .J., Corso H. L., Gervasoni J. L. Fundamental aspects of the Ti–H system: theoretical and experimental behavior// International Journal of Hydrogen Energy:A. 2002.V. 27. Is.1.P. 91-97.
- 14.Cao Jianling, Shen Bao Luo, Gao Shengji .Hydrogen - induced delayed fracture behavior of Ti - Al - Zr alloy//Chinese Journal of Nonferrous Metals:A. 2002. V.12.Is. S1.P. 74 – 77.
- 15.Peng Yan-ping, Zeng Fan-chang. Development and application of foreign aviation titanium alloy and its characteristics.//Materials Engineering: A.1997.Is 5. P. 3 – 7.
- 16..Futamata M., Fuji A. Friction welding of titanium and SUS 304L austenitic stainless steel// Welding International: A. 1990.V. 4. Is.10. P. 768-774.
- 17.Ronald S V, Kanji Ono. Hydrogen solubility in alpha titanium//MetallTrans:A. 1971.V.2.P.608~609.
- 18.Costa J E, Banerjee D, Williams J C. Hydrogen Effects in Beta-Titanium Alloys// Beta Titanium Alloys in the 1980's:A.1983.P. 69-84.
- 19.Ilyin A A,Mamonov A M,Nosov V K.Thermohydrogen treatment Scientific basic and future application// Shin K S, Yoon J K, Kim S J eds., Proceedings of 2nd pacificrim international conference on advanced materials and processing:A. 1995. P.697-705.
- 20.Ilyin A A, Polkin I S, Mamonov A M, et al. Thermohydrogen treatment-the basis of hydrogen treatment of titanium alloys//Proc. 8th World Conf.“Titanium-95,” Birmingham, UK:A. 1995.P. 2462-2469.
- 21.Kudiiarov V N, Lider A M, Harchenko S Y. Hydrogen accumulation in technically pure titanium alloy at saturation from gas atmosphere//Advanced Materials Research. Trans Tech Publications:A.2014.P. 68-73.

- 22.Anderson K B, Lockwood S Y, Martin R S, et al. A 3D printed fluidic device that enables integrated features// Analytical chemistry:A. 2013. V.85.Is. 12.P. 5622-5626.
- 23.Calvert P. Inkjet printing for materials and devices// Chemistry of materials:A. 2001.V. 13.Is.10.P. 3299-3305.
- 24.Gbureck U, Vorndran E, Müller F A, et al. Low temperature direct 3D printed bioceramics and biocomposites as drug release matrices// Journal of controlled release:A.2007.V. 122.Is.2.P.173-180.
- 25.Fuller S B, Wilhelm E J, Jacobson J M. Ink-jet printed nanoparticle microelectromechanical systems// Journal of Microelectromechanical systems:A.2002.V.11.Is. 1.P. 54-60.
- 26.Khalyfa A, Vogt S, Weisser J, et al. Development of a new calcium phosphate powder-binder system for the 3D printing of patient specific implants//Journal of Materials Science:Materials in Medicine:A.2007.V.18.Is.5.P.909-916.
- 27.Asai K, Kobayashi H, Kondo T. Augmented instructions-a fusion of augmented reality and printed learning materials[C]//Advanced Learning Technologies, 2005. ICALT 2005. Fifth IEEE International Conference on. IEEE:A. 2005.P. 213-215.
- 28.Bartlett N W, Tolley M T, Overvelde J T B, et al. A 3D-printed, functionally graded soft robot powered by combustion// Science:A.2015.V.349.Is.6244.P.161-165.
- 29.Kolesky D B, Truby R L, Gladman A, et al. 3D bioprinting of vascularized, heterogeneous cell-laden tissue constructs// Advanced materials:A.2014.V.26.Is.19.P. 3124-3130.
- 30.Bose S, Vahabzadeh S, Bandyopadhyay A. Bone tissue engineering using 3D printing// Materials Today:A.2013.V.16.Is.12.P. 496-504.

31. Fielding G A, Bandyopadhyay A, Bose S. Effects of silica and zinc oxide doping on mechanical and biological properties of 3D printed tricalcium phosphate tissue engineering scaffolds// Dental Materials:A.2012.V.28.Is.2.P. 113-122.
32. Perez A R T, Roberson D A, Wicker R B. Fracture surface analysis of 3D-printed tensile specimens of novel ABS-based materials//Journal of Failure Analysis and Prevention:A. 2014. V.14.Is.3.P. 343-353.
33. Raviv D, Zhao W, McKnelly C, et al. Active printed materials for complex self-evolving deformations// Scientific reports:A. 2014.V. 4.P.7422.
34. Dimas L S, Bratzel G H, Eylon I, et al. Tough composites inspired by mineralized natural materials: computation, 3D printing, and testing//Advanced Functional Materials:A.2013.V. 23.Is.36.P. 4629-4638.
35. Peterson G I, Larsen M B, Ganter M A, et al. 3D-printed mechanochromic materials// ACS applied materials & interfaces:A.2014.V.7.Is.1.P. 577-583.
36. Highley C B, Rodell C B, Burdick J A. Direct 3D printing of shear-thinning hydrogels into self-healing hydrogels// Advanced Materials:A.2015. V.27.Is.34.P. 5075-5079.
37. Ahn J H, Kim H S, Lee K J, et al. Heterogeneous three-dimensional electronics by use of printed semiconductor nanomaterials//science:A.2006.V.314.Is.5806.P. 1754-1757.
38. Hutmacher D W, Sittinger M, Risbud M V. Scaffold-based tissue engineering: rationale for computer-aided design and solid free-form fabrication systems//TRENDS in Biotechnology:A.2004.V.22.Is.7.P. 354-362.
39. Bak D. Rapid prototyping or rapid production? 3D printing processes move industry towards the latter[J]. Assembly Automation:A. 2003.V. 23.Is.4.P. 340-345.

40. Nayeri P, Liang M, Sabory-Garcı R A, et al. 3D printed dielectric reflectarrays: low-cost high-gain antennas at sub-millimeter waves// IEEE Transactions on Antennas and Propagation:A.2014.V. 62.Is.4.P. 2000-2008.
41. Symes M D, Kitson P J, Yan J, et al. Integrated 3D-printed reactionware for chemical synthesis and analysis// Nature Chemistry:A.2012.V. 4Is.5.P. 349-354
42. Mannoor M S, Jiang Z, James T, et al. 3D printed bionic ears// Nano letters:A.2013.V.13.Is.6.P. 2634-2639.
43. Fjeld M, Voegtli B M. Augmented chemistry: An interactive educational workbench// Mixed and Augmented Reality, 2002. ISMAR 2002. Proceedings. International Symposium on. IEEE:A.2002.P. 259-321.
44. Anderson K B, Lockwood S Y, Martin R S, et al. A 3D printed fluidic device that enables integrated features// Analytical chemistry:A.2013.V.85.Is.12.P. 5622-5626.
45. Moeck P, Stone-Sundberg J, Snyder T J, et al. Enlivening 300 level general education classes on nanoscience and nanotechnology with 3D printed crystallographic models// J Mater Educ:A. 2014.V.36.P. 77-96.
46. Rodenbough P P, Vanti W B, Chan S W. 3D-printing crystallographic unit cells for learning materials science and engineering// Journal of Chemical Education:A. 2015.V. 92.Is.11.P. 1960-1962.
47. Scalfani V F, Vaid T P. 3D printed molecules and extended solid models for teaching symmetry and point groups// J. Chem. Educ:A.2014.V. 91.Is.8.P. 1174-1180.
48. Dalgarno B. The potential of 3D virtual learning environments: A constructivist analysis// Electronic Journal of Instructional Science and Technology:A. 2002. V.5.Is.2.P. 3-6.
49. Kong Y L, Tamargo I A, Kim H, et al. 3D printed quantum dot light-emitting diodes// Nano letters:A.2014V. 14.Is.12.P. 7017-7023.

50. Gross B C, Erkal J L, Lockwood S Y, et al. Evaluation of 3D printing and its potential impact on biotechnology and the chemical sciences: A. 2014.
51. Fjeld M, Juchli P, Voegtli B M. Chemistry education: a tangible interaction approach//Proc. INTERACT: A. 2003. P. 287-294.
52. Bishop G W, Satterwhite J E, Bhakta S, et al. 3D-printed fluidic devices for nanoparticle preparation and flow-injection amperometry using integrated Prussian blue nanoparticle-modified electrodes//Analytical chemistry: A. 2015. V. 87. Is. 10. P. 5437-5443.
53. Peterson G I, Larsen M B, Ganter M A, et al. 3D-printed mechanochromic materials//ACS applied materials & interfaces: A. 2014. V. 7. Is. 1. P. 577-583.
54. Salentijn G I J, Permentier H P, Verpoorte E. 3D-printed paper spray ionization cartridge with fast wetting and continuous solvent supply features//Analytical chemistry: A. 2014. V. 86. Is. 23. P. 11657-11665.
55. Li C, Faulkner-Jones A, Dun A R, et al. Rapid Formation of a Supramolecular Polypeptide–DNA Hydrogel for In Situ Three-Dimensional Multilayer Bioprinting//Angewandte Chemie International Edition: A. 2015. V. 54. Is. 13. P. 3957-3961.
56. Liu H, Crooks R M. Three-dimensional paper microfluidic devices assembled using the principles of origami//Journal of the American Chemical Society: A. 2011. V. 133. Is. 44. P. 17564-17566.
57. Nikolaou P, Coffey A M, Walkup L L, et al. A 3D-printed high power nuclear spin polarizer//Journal of the American Chemical Society: A. 2014. V. 136. Is. 4. P. 1636-1642.
58. Li X, Cui R, Sun L, et al. 3D-printed biopolymers for tissue engineering application//International Journal of Polymer Science: A. 2014.

59. Kaliakin D S, Zaari R R, Varganov S A. 3D printed potential and free energy surfaces for teaching fundamental concepts in physical chemistry//Journal of Chemical Education:A.2015.V.92.Is.12.P. 2106-2112.
60. Gowers S A N, Curto V F, Seneci C A, et al. 3D printed microfluidic device with integrated biosensors for online analysis of subcutaneous human microdialysate//. Analytical chemistry:A.2015.V. 87.Is.15.P. 7763-7770.
61. Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ № 45н «Об утверждении норм и условий бесплатной выдачи работникам, занятым на работах с вредными условиями труда, молока или других равноценных пищевых продуктов»